9 коп.

Индекс 70101

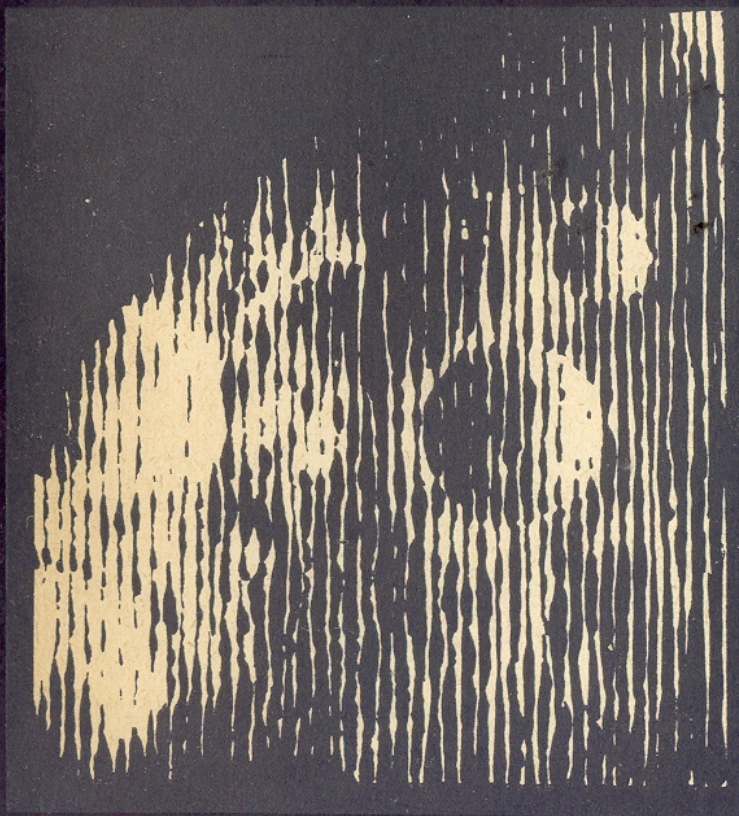
IL LIBRACCIO
00 2.000

СЕРИЯ • КОСМОНАВТИКА • АСТРОНОМИЯ • 1971

ВЕЛИКИЕ ПРОТИВОСТОЯНИЯ МАРСА

В.В.РАДЗИЕВСКИЙ

8



Новое в жизни науке технике

Марс почти вдвое дольше. Поскольку плоскости их орбит почти совпадают, бывают моменты, когда Земля, Марс и Солнце оказываются практически на одной прямой. И если обе планеты находятся в это время по одну сторону от Солнца, то расстояние между ними минимально и составляет в среднем 78 млн. *км*. Затем Земля постепенно обгоняет Марс и через 390 суток снова попадает на одну прямую с ним и Солнцем, но при этом обе планеты оказываются уже по разные стороны от Солнца, а расстояние между ними возрастает до 378 млн. *км*. Однако так дело обстоит только лишь «в среднем».

Говоря точнее, орбиты обеих планет — эллипсы. Расстояние Земли от Солнца колеблется от минимального в перигелии (147 млн. *км*) до максимального — в афелии (152 млн. *км*.). Расстояние же Марса соответственно изменяется от 206 до 249 млн. *км*. Если противостояние случится при таком положении планет, когда Марс близок к своему афелию, а Земля — к перигелию, то расстояние между ними, хотя и будет для данного оборота минимальным, но все же составит около 100 млн. *км*. Но через каждые 15—17 лет наступает такая ситуация (точнее «конфигурация»), при которой Марс в момент противостояния близок к перигелию, а Земля к афелию. Тогда расстояние между ними сокращается до 56 млн. *км*. Критерием великого противостояния Марса принято считать такую конфигурацию, при которой планеты удалены друг от друга не более чем на 60 млн. *км*.

Так как в великом противостоянии Марс подходит к Земле значительно ближе, чем в обычном противостоянии, происходящем через каждые 2 года и 50 дней, то видимые размеры диска планеты увеличиваются примерно в полтора-два раза, а это позволяет изучать на ее поверхности многие мелкие детали, не различимые при обычных противостояниях. Вот почему астрономы всего мира с таким нетерпением ждут очередного великого противостояния Марса, которое произойдет 10 августа 1971 г. И, что самое любопытное, этот огромный интерес к великому противостоянию Марса они испытывают, очевидно, в последний раз в своей жизни, ибо к следующему великому противостоянию (1988 г.) понятие наименьшего расстояния между человеком и этой планетой, по-видимому, потеряет свой современный смысл.

Волей человеческого разума расстояние между ними будет сокращено, и человек вплотную приблизится к нашему загадочному соседу с тем, чтобы вырвать у него те волнующие тайны, которые он так ревниво оберегал на протяжении многих столетий.

По прогнозам американских ученых, пилотируемые облеты Марса начнутся уже в начале 80-х годов, а в 1985 г. нога человека впервые коснется поверхности этой планеты. Можно

надеяться, что еще раньше указанного срока советские «марсоходы» начнут бороздить просторы марсианских равнин и гор, исследовать его кратеры и «полярные шапки», измерять температуру, изучать химический состав его атмосферы и грунта.

Интересно отметить, что по мере таяния одной из полярных шапок, от нее распространяется к экватору так называемая «волна потемнения». Можно думать, что это обусловлено увлажнением грунта и даже связано с началом здесь вегетационного периода.

Некоторые наблюдатели замечали иногда на поверхности Марса небольшие синеватые пятнышки, по поводу которых высказывались две гипотезы: соли, меняющие свою окраску под влиянием увеличивающейся влажности воздуха, ну и, конечно, поля, поросшие «васильками».

Во время великого противостояния Марса в 1877 г. миланский астроном Д. Скиапарелли обнаружил на его поверхности систему довольно тонких и прямых линий, которые он назвал «каналами», придавая этому итальянскому слову смысл «пролива», а не искусственного сооружения. Если бы Скиапарелли знал, что его открытие обойдется человечеству в миллионы тонн бумаги и сотни центнеров типографской краски, а увенчается лишь плачевным разочарованием, возможно, он был бы осторожнее в выборе терминологии.

Но вскоре и сам Скиапарелли поддался очарованию техногенной гипотезы каналов Марса (так назвали гипотезу об их искусственном происхождении). Когда же всемирно известный писатель-популяризатор и астроном по образованию Камилл Фламмарион опубликовал в 1892 г. свою монографию «Планета Марс и условия жизни на ней», все образованное человечество заговорило о каналах Марса. Однако кульминационный пункт в развитии техногенной гипотезы связан с именем богатого американского аристократа, покровителя астрономии Персиваля Ловелла. Построив на собственные средства хорошо оборудованную обсерваторию в горах Аризоны, он посвятил свою жизнь наблюдению Марса, страстно и довольно убедительно выступая в пользу разумного происхождения каналов на его поверхности. Вполне серьезное отношение астрономов к работам Ловелла было несколько подорвано лишь после того, как им были «открыты» и описаны каналы на... Венере.

Несколько позже, когда в строй вошли более мощные телескопы, многие наблюдатели (Холден, Килер, Антониади, Барнард, Слайфер, Райт и другие) обнаружили, что «каналы» Марса распадаются на отдельные почти беспорядочные черточки и точки и кто-то из них заметил не без сарказма: «Сильные телескопы оказались слишком слабыми для марсианских каналов».

«Но почему эти черточки вытягиваются вдоль одной прямой, а прямые образуют довольно правильную сеть?» — не без основания возражали апологеты техногенной концепции.

Техногенная гипотеза каналов Марса является продуктом материальных условий жизни человеческого общества конца

XIX века. Да только ли эта гипотеза — дитя своей эпохи! Бытие определяет сознание, и с каждым новым научно-техническим открытием у ученых всегда возникал соблазн получить от этого открытия больше, чем оно может дать. Более серьезные ученые поступали вдумчиво и не поддавались гипнозу новооткрытий для объяснения на их основе всего, что оставалось еще загадочным. Более легкомысленным порой не удавалось избежать соблазна, а иные, в погоне за легкой сенсацией, не брезговали и сознательной спекуляцией, принося научную добросовестность в жертву дешевой популярности, создаваемой им малосведущими писателями-фантастами. Так возникла любопытная связь между основными этапами научно-технического прогресса и содержанием сопутствующих им лженаучных гипотез о Марсе.

Идет XIX век. На Земле бурными темпами развивается строительство каналов (Суэцкий, Кильский, Панамский) — на Марсе открываются каналы. Начало XX века: первые опыты по передаче радиосигналов на Земле — многочисленные газетные сообщения о приеме радиосигналов с Марса. Середина XX века: открытие атомной энергии на Земле — прилет марсианского атомного корабля и взрыв его в 1908 г. в районе падения тунгусского метеорита. Началась эра космических полетов, и спутники Марса оказались... искусственными.

Что на очереди? Сообщения о лазерной локации Земли марсианами? Впрочем, кажется, такие уже были. И можно не сомневаться в том, что если вскоре нам удастся расшифровать язык дельфинов и доказать, что они разумны, то кто-нибудь будет утверждать, что дельфины как раз и есть прилетевшие на Землю марсиане.

И надо сказать, что и с этой гипотезой они не будут оригинальны. Кем-то из фантастов уже высказывалась мысль о том, что даже мы с вами, уважаемый читатель, потомки жителей Марса.

Дело в том, что несколько миллиардов лет назад Солнце излучало в два раза больше тепла и света, чем сейчас, а орбита Марса была немного меньше современной. Короче говоря, климат на Марсе был тогда близким к нынешнему климату Земли (пока все правдоподобно!). Атмосфера Марса в те времена не успела еще рассеяться. Это произошло лишь позже из-за пониженной по сравнению с Землей второй космической скорости на Марсе (на Земле — 11,2 *км/сек*, на Марсе — 5,0 *км/сек*). В общем эта планета была носителем бурно развивающейся жизни, включая разумную. Но вот обогревание Марса начало ослабевать, атмосфера рассеиваться, и марсиане стали подумывать, не перебраться ли им на более теплую Землю. Ведь и мы сейчас видим в космонавтике одно из спасений от демографического взрыва.

Но марсиане просчитались: непривычная сила тяжести на

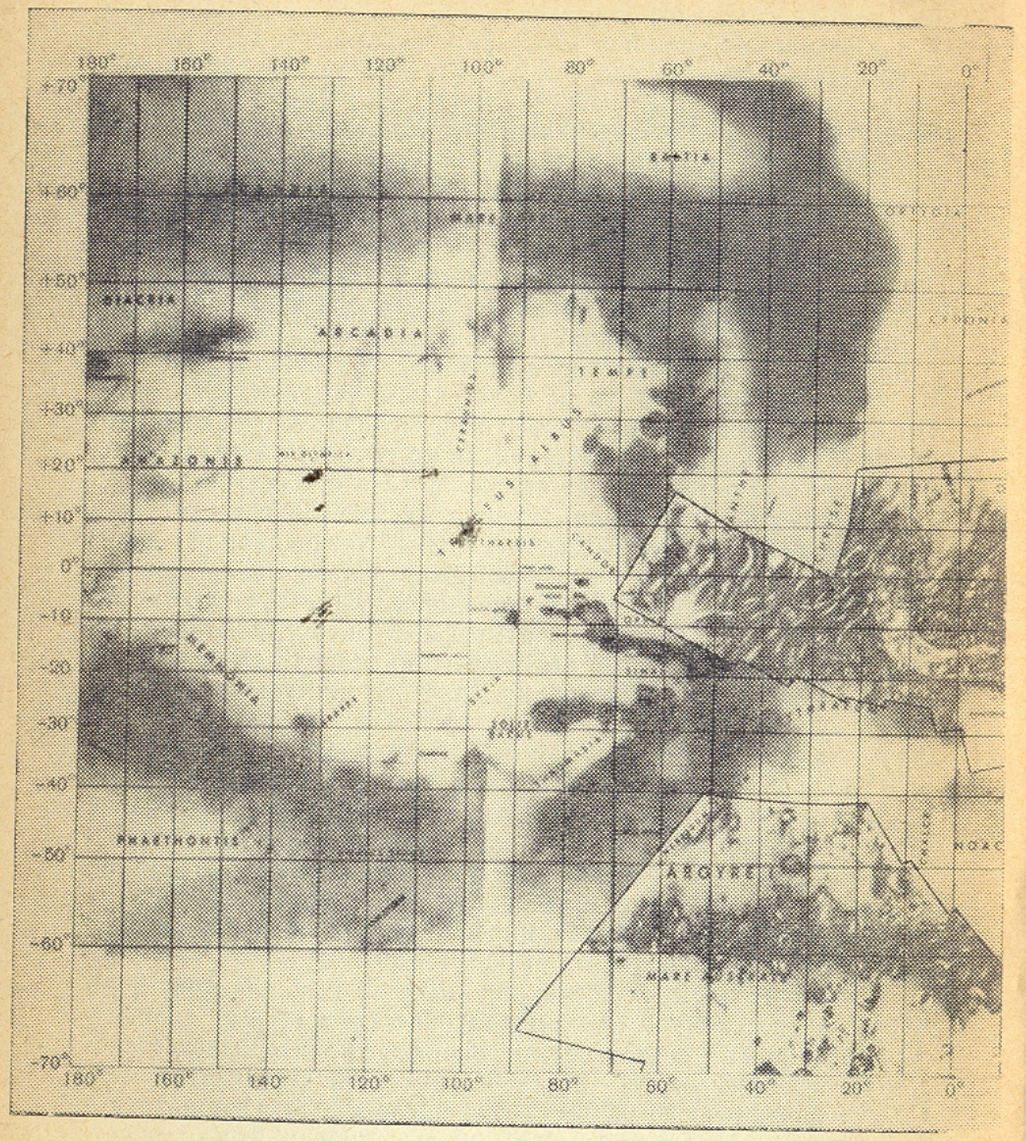
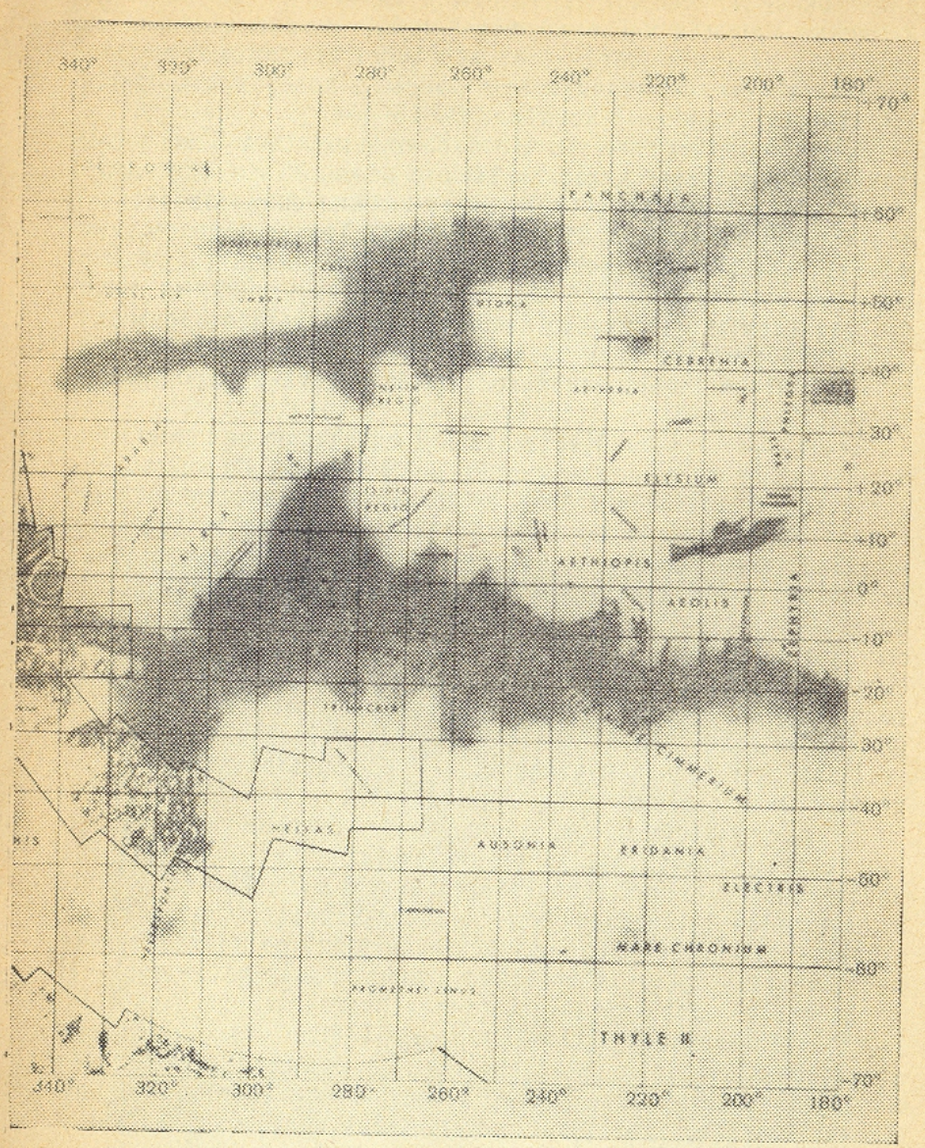


Рис. 1. Современная карта



Марса (север вверху).

ВЕЛИКИЕ ПРОТИВОСТОЯНИЯ МАРСА

В. В. РАДЗИЕВСКИЙ,
ПРОФЕССОР

ИЗДАТЕЛЬСТВО «ЗНАНИЕ»
Москва 1971

Солнечная система. Большая она или маленькая?

Для конкретизации наших восприятий больших и малых структур полезно прибегать к построению моделей, которые, правда, не дают представлений об абсолютных размерах этих структур, но зато превосходно иллюстрируют соотношения между их деталями.

Абсолютные числовые данные о размерах Солнечной системы и отдельных ее членов приводятся в многочисленных брошюрах и книгах, начиная от школьного курса астрономии. Мы же приглашаем читателя построить мысленно следующую модель Солнечной системы. Представьте себе, что на центральной площади сравнительно большого города располагается огненный шар диаметром в полтора метра. Это — Солнце. В принятом нами масштабе планеты Солнечной системы будут иметь следующие размеры (в скобках указаны диаметры в миллиметрах):

Меркурий	(4,8)	— горошина
Венера	(12,2)	— вишня
Земля	(12,8)	— вишня
Марс	(6,8)	— крупная горошина
Юпитер	(143)	— небольшой арбуз
Сатурн	(121)	— арбуз поменьше
Уран	(48)	— яблоко
Нептун	(45)	— яблоко
Плутон	(6)	— горошина

В этом же масштабе расстояние от Солнца до ближайшей к нему планеты Меркурий составит 58 *м*, а до самой далекой — Плутона — 6 *км*. Таким образом, Меркурий будет обращаться вокруг полутораметрового Солнца приблизительно по тротуару центральной площади, а горошина — Плутон — по окраине города, на территории которого разместится вся построенная нами модель Солнечной системы. Радиусы орбит других планет составят: Венеры — 108, Земли — 150, Марса — 228, Юпитера — 780 *м*, Сатурна — 1,4, Урана — 2,9, Нептуна — 4,5 *км*. Таковы соотношения между размерами

членов Солнечной системы и величиной их орбит. А для «технической привязки» к абсолютным данным нам остается лишь сказать, что при построении описанной выше модели использовался масштаб, при котором 1 *см* соответствует 10 000 *км*. Увеличьте эту модель в миллиард раз, и вы получите Солнечную систему в натуральную величину.

Уже одного взгляда на нашу модель достаточно, чтобы заметить резкое деление планет на две группы по их размерам. Четыре внутренние планеты — Меркурий, Венера, Земля и Марс — относительно малы (две вишни и две горошины); четыре внешние планеты — Юпитер, Сатурн, Уран и Нептун — в сравнении с ними — гиганты (два арбуза и два яблока). Первая группа планет названа «группой Земли», вторая — «группой Юпитера», по имени самых крупных своих представителей. Что же касается Плутона, то этот уродец в семье гигантов явно не выходец из группы Земли. Скорее всего это оторвавшийся спутник Нептуна, либо планета-младенец, еще незакончившая своего роста, либо, наконец, планета-последыш, на которую не хватило «строительного материала».

Размеры планет и их расстояние от Солнца являются далеко не единственным критерием, по которому они делятся на две группы. Среди других признаков в первую очередь следует отметить их среднюю плотность (около 5 $г/см^3$ у земных планет и около 1 $г/см^3$ у планет группы Юпитера), период осевого вращения (более 24 *ч* у земных и менее 15 *ч* у юпитеровых планет), наличие и число спутников (3 спутника у внутренних и 29 у внешних планет). Что же касается различий в составе атмосферы, а тем более температурных и других физических условий, то они носят менее самостоятельный характер и в большинстве случаев являются прямым следствием значительной удаленности внешних планет от Солнца и близости к нему внутренних планет.

Из земных планет только сама Земля сопровождается весьма крупным спутником — Луной. В масштабе нашей модели это светило имело бы размеры крошечной горошинки (3,5 *мм*) и обращалось вокруг Земли на расстоянии 38 *см*, двигаясь со скоростью 3 *см* в сутки. У «холостяка» Меркурия и «легкомысленной» Венеры нет спутников вовсе, а вокруг Марса обращаются два спутника-лилипута, о которых еще будет речь ниже. Зато каждая из планет-гигантов окружена целой системой спутников от 12 у Юпитера до двух открытых у Нептуна. Несомненно, что у этих далеких планет еще будет открыто немало спутников.

Между группами земных и юпитеровых планет существует «буферное царство» астероидов или малых планет. Самая крупная из них — Церера (диаметр 780 *км*) была открыта астрономом Пиацци в 1801 г. В 1802 г. Ольберс открыл второй по величине астероид — Палладу (565 *км*). Затем их

Земле, в 2,5 раза большая чем на Марсе, чрезмерное обилие кислорода, бурная вулканическая деятельность — все это привело к гибели их аппаратуры и большинства переселенцев. А те, кто выжил, одичали и, лишь приспособившись к новым условиям, обрели опять человеческую форму.

Предположим, что против этой гипотезы нельзя привести категорически опровергающих ее доводов. Но ведь нельзя привести и ни одного сколько-нибудь серьезного аргумента в ее пользу. Такие гипотезы, которые не подтверждаются никакими фактами, принято называть научными спекуляциями, и у серьезных ученых попросту нет времени для их обсуждения, даже если они внутренне непротиворечивы.

Гипотеза о процветании разумной жизни на Марсе была подвергнута всесторонней и остроумной критике со стороны советского астронома К. А. Любарского.

Что касается каналов, то их на Марсе не оказалось. Американские автоматические межпланетные станции «Маринер-4» (1965 г.), «Маринер-6» и «Маринер-7» (1969 г.) прошли вблизи Марса, сфотографировали его поверхность с различных расстояний от 1 млн. *км* до 3 тыс. *км* и передали снимки на Землю. На прекрасных фотографиях марсианской поверхности запечатлены полярная шапка, горные вершины и хребты, множество кольцевых гор и кратеров (как и на Луне), но не имеется ни одного признака каналов. Известный советский астрофизик Д. Я. Мартынов приходит к заключению, что «вопрос о каналах на Марсе можно считать «закрытым». Такое же мнение совсем недавно высказал известный американский астрофизик Дж. Койпер.

Итак, каналов на Марсе нет. Что же мы сейчас еще знаем о Марсе?

Современные данные о физической природе Марса

Марс — четвертая, наиболее далекая от Солнца планета земной группы. Средний радиус его орбиты составляет 1,52 *а. е.* (1 *а. е.* — астрономическая единица, равная среднему радиусу земной орбиты — 149 600 000 *км*). Находясь в полтора раза дальше от Солнца, чем Земля, Марс получает на единицу площади своей поверхности в 2,3 раза меньше тепла и света. Если бы Марс поглощал всю солнечную энергию, падающую на его поверхность, то средняя температура последней, как и средняя температура абсолютно черного тела, определялась бы формулой

$$T = \frac{277^\circ}{\sqrt{r}} \qquad \text{(по шкале Кельвина)},$$

где r — расстояние от Солнца, выраженное в *а. е.*

Приведенная формула дает лишь грубое представление о средней температуре планеты. Так, для Земли ($r = 1$ *а. е.*) по этой формуле получим $T = 277^\circ$K или 4°C. Казалось бы, что средняя температура Земли должна быть еще ниже, так как наша планета поглощает лишь 61% падающих на нее солнечных лучей, а 39% отражает и рассеивает. Однако в действительности средняя температура Земли из-за парникового эффекта ее атмосферы на 8° выше «чернотельной» и составляет 285°K или 12°C.

Средняя температура поверхности Марса, вычисленная по формуле, приведенной выше ($r = 1{,}52$), должна была бы составлять 225°K; с учетом же отражения части солнечных лучей лишь 216°K или —57°C. В действительности на Марсе средняя температура несколько выше. Так, по недавно выполненным измерениям интенсивности инфракрасного излучения в диапазоне 8—14 *мкм* В. И. Мороз и его сотрудники получили среднюю по всему диску яркостную температуру 225°K, а цветовую температуру (т. е. температуру абсолютно

стали открывать ежегодно по нескольку штук, и на сегодняшний день в списке астероидов значится около 2000 объектов. При этом, если первое время открывались астероиды лишь с диаметром порядка 100 *км*, то в наше время средний диаметр открываемых астероидов составляет около 10 *км*. Когда будут открыты все астероиды с диаметром свыше 100 *м*, то их число, вероятно, станет шестизначным.

Первое время астероидам давали имена древнегреческих богинь (Диана, Флора, Терпсихора и т. д.). Когда имена богинь были исчерпаны, стали называть их просто женскими именами. Каждый астроном, открывший новую малую планету, получил право присвоить ей имя, под которым она записывалась в международный реестр. Важно только, чтобы это имя имело женский род. Поэтому, если кто-то хотел назвать астероид в честь знаменитого ученого или близкого друга — мужчины, он должен был переделывать его имя на женский лад. Так появились малые планеты Моцартия и Мусоргския, названные в честь известных композиторов, Павловия и Морозовия, названные по фамилиям известных ученых академиков Павлова и Морозова. Астероид Владилена получил свое название в честь В. И. Ленина.

Надо сказать, что список названий малых планет пестрит русскими именами, красноречиво свидетельствующими о большом вкладе наших соотечественников в поиски и исследование малых планет. Здесь мы встречаем Володию и Таису, Андрею и Марину, Маргариту, Евгению, Татьяну, Ольгу, Веру, Люду, Лену, Наташу и имена многих других представительниц прекрасного пола, чем-то поразивших воображение астрономов-открывателей астероидов. Не будем доискиваться до подлинных причин, но не станем заведомо отвергать и чисто лирических мотивов.

Позже мы еще вернемся к вопросу о том, какое значение имеет периферийное положение Марса для несения службы астероидов, образующих своеобразное «минное поле» для космических кораблей, которые пожелали бы проникнуть в область планет-гигантов. А пока продолжим общее описание Солнечной системы.

Движение планет по своим орбитам и их вращение вокруг собственных осей характеризуется рядом замечательных особенностей, получивших название «космогонических характеристик», поскольку все они, несомненно, связаны с общностью условий образования планетной системы и проливают некоторый свет на обстоятельства ее происхождения. К этим замечательным особенностям прежде всего относятся следующие:

1. Все планеты обращаются вокруг Солнца в одном и том же направлении (против часовой стрелки, если смотреть от созвездия Малой Медведицы).

2. Орбиты планет лежат почти в одной плоскости. Попутно заметим, что эти обстоятельства сильно благоприятствуют осуществлению межпланетных перелетов. Если бы, например, орбита Марса была перпендикулярна орбите Земли, то для высадки экспедиции на его поверхности пришлось бы затратить в десять раз большую энергию, а если бы движение Марса по орбите было обратным, то энергетические расходы для достижения той же цели возросли бы в 20 раз и то лишь при условии полета корабля в плоскости земной орбиты. Последнее условие крайне жестко ограничило бы момент старта корабля с Земли, так как подойти к Марсу он должен был бы точно в момент пересечения им плоскости земной орбиты.

3. Солнце и почти все планеты (кроме Венеры и Урана) вращаются вокруг своих осей в том же направлении.

4. Эллиптичность орбит планет очень невелика, они мало отличаются от окружностей. Вот почему обнаружить едва заметную вытянутость их траекторий было крайне трудно. И тем не менее знаменитому немецкому астроному Иоганну Кеплеру в начале XVII века удалось установить тонкости планетных движений и определить форму их орбит.

В начале 1972 г. благодарное человечество не преминет отметить 400-летний юбилей со дня рождения этого корифея астрономической науки — сына прачки и отставного солдата.

Движением планет управляет Солнце. Его мощная гравитация («гравито» — притягиваю) заставляет планеты уклоняться от прямолинейного пути, по которому, как известно, стремится равномерно двигаться каждое тело, не подверженное воздействию какой-либо силы.

Притяжение Солнца, как и вообще всякого тела, по закону, установленному И. Ньютоном, пропорционально его массе. А масса Солнца очень велика: она в 330 000 раз больше массы Земли. Вот почему Солнце своим мощным притяжением удерживает планеты и заставляет их двигаться вокруг него.

Время обращения вокруг Солнца составляет год для каждой планеты. Оно колеблется от трех месяцев у Меркурия до 250 земных лет у Плутона. На Марсе год тянется около двух наших лет.

Но Солнце не только источник гравитации, управляющей движением планет. В его недрах происходит непрерывное выделение термоядерной энергии в таком количестве, как будто бы миллионы водородных бомб ежесекундно вспыхивают там. Просачиваясь к поверхности Солнца, эта термоядерная энергия постепенно трансформируется, длина волны соответствующего ей излучения увеличивается до оптических и тепловых диапазонов и в таком виде она покидает поверхность Солнца, разнося повсюду благотворное тепло и свет, поддерживающие жизнь на нашей планете, а может быть и на Марсе.

черного тела с таким же относительным распределением интенсивности в различных длинах волн) еще выше, а именно 280°К. Следует заметить, что яркостная температура совпадает с эффективной, если распределение интенсивности в спектре собственного излучения планеты не отличается от «черного». Фактически это различие бывает небольшим.

Температура поверхности Марса существенно зависит от расстояния планеты от Солнца и особенно сильно от его положения над горизонтом. По измерениям в инфракрасной области спектра яркостная температура подсолнечной точки поверхности планеты (там, где Солнце в зените) колеблется от 273°К при наибольшем расстоянии планеты от Солнца до 300°К при наименьшем расстоянии от него.

Учитывая, что через час после полудня температура поднимается еще на 3—5° и лишь потом начинает падать, можно заключить, что максимальная температура, до которой в состоянии нагреться поверхность Марса, составляет около 35°С. Но уже к вечеру температура опускается до 0°С, а под утро она достигает —60°—70°С. Таким образом, суточный перепад температуры в тропических областях Марса составляет примерно 100°С, т. е в 3—4 раза больше, чем на Земле. Смягчающее действие сравнительно плотной земной атмосферы оберегает население нашей планеты от губительного действия чрезмерно большого суточного перепада температуры.

Температурные условия в тропических областях Марса являются менее пригодными для жизни, чем в полярных. Здесь, правда, во время полярной ночи температура опускается до —125°С (по данным «Маринера-6»), но зато в период полярного дня она все время удерживается выше нуля, составляя в среднем около 5°С. За долгий марсианский полярный день, который у полюса тянется 345 земных суток, вполне могут смениться все стадии вегетационного периода марсианской растительности.

За последнее время наши сведения о Марсе пополнились радиометрическими данными, позволяющими судить о яркостной температуре на различной глубине (от миллиметров до метров) под поверхностью планеты. По измерениям радиоизлучения планеты на длине волны 10 *см* температура оказалась равной 180°К, а на волне с длиной 3 *см*—218°К. Ошибка этих измерений составляет ±40°, и, следовательно, пока еще радиоизмерения температуры не могут быть признаны точными, но, безусловно, им принадлежит будущее.

Масса Марса составляет $6{,}44 \cdot 10^{23}$ *кг* (10,8% от земной массы), а экваториальный диаметр — 6806 *км* (0,53 земного). Деля массу на объем, находим среднюю плотность Марса — 4 *г/см*^{3} (у Земли 5,5 *г/см*^{3}).

Притяжение на поверхности любой планеты прямо пропорционально ее массе и обратно пропорционально квадрату радиуса. Из-за первого фактора сила тяжести на поверхности Марса в 9,3 раза меньше, а из-за второго — в 3,5 раза больше, чем на Земле. В конечном счете она составляет там 38% от земной. Ускорение силы тяжести на экваторе Марса — 372 *см/сек*^{2} (на Земле 978 *см/сек*^{2}). Наши маятниковые часы шли бы там почти в два раза медленнее и вес человека был бы примерно в 2,5 раза меньше, чем на Земле.

Итак, сила тяжести на Марсе в 2,5 раза меньше, чем на Земле. Хорошо это или плохо? Улететь с Марса много легче, чем с Земли, вторая космическая скорость составляет там всего 5 *км/сек*. Для взлета с планеты — это хорошо, но улететь с Марса оказалось легко и молекулам его атмосферы. Воздух Марса рассеялся в мировое пространство, и сейчас его атмосфера настолько разрежена, что парашютная посадка спускаемых на поверхность планеты аппаратов затруднительна. Практическое отсутствие атмосферы позволит астрономам без всяких помех изучать марсианское звездное небо. Но, с другой стороны, каждому человеку нужен воздух, и человеку на Марсе придется пользоваться локальными системами жизнеобеспечения, что поначалу внесет много неудобств.

Каковы же фактические данные, которыми мы располагаем о наличии, плотности и составе марсианской атмосферы? Существование разреженной газовой оболочки вокруг Марса давно уже не вызывало сомнения астрономов. Налицо были все признаки атмосферы, включая появление (правда, довольно редкое) легкой облачности и туманов, а также песчаных бурь. Бывали случаи, когда значительная часть поверхности Марса затягивалась красновато-желтой пеленой: песок марсианских пустынь поднимался вверх сильными порывами ветра. Но для того, чтобы мог дуть ветер, нужна атмосфера. Впрочем, в опубликованной недавно работе Эпика указывается на еще одну возможную причину пылевых бурь: столкновения Марса с очень крупными метеоритами.

Плотность марсианской атмосферы оценивалась в начале XX века излишне оптимистически. По данным фотометрических и поляриметрических наблюдений, в которых не учитывалось рассеяние света на аэрозолях, атмосферное давление получалось равным 80—100 *мб* (на Земле — 1013 *мб*).

Вопрос о давлении марсианской атмосферы в наше время решается в неразрывной связи с вопросом о ее химическом составе. Если удается оценить количественное содержание того или иного газа, приходящегося на единицу поверхности планеты, то по известной величине ускорения силы тяжести нетрудно вычислить и давление газа.

Химический состав атмосферы планеты, как известно, определяется по линиям и полосам поглощения в ее спектре. Измерение интенсивности этих полос в спектре Марса чрезвычайно затрудняется тем, что он накладывается на теллуриче-

526
Р 15

Радзиевский Владимир Вячеславович

Р 15 Великие противостояния Марса

М., «Знание», 1971. (Новое в жизни, науке и технике. Серия «Космонавтика, астрономия», 8).

10 августа 1971 г. произойдет великое противостояние планеты Марс. С июля по сентябрь Марс будет ярко сиять на небе, резко выделяясь своим блеском среди слабых звезд созвездия Козерога и безусловно привлечет к себе внимание всех, кто будет наблюдать ночное небо.

Этому явлению посвящена данная брошюра, рассказывающая о противостояниях планеты, ее физической природе, возможности на ней органической жизни и необходимости ее изучения, в том числе и любительскими средствами.

К брошюре приложена новейшая карта Марса, составленная с учетом наблюдений планеты космическими аппаратами.

Брошюра предназначена для лиц, интересующихся астрономией, и вполне доступна массовому читателю.

2-6

526

СОДЕРЖАНИЕ

Введение 3
Солнечная система. Большая она или маленькая? . . 6
Есть ли жизнь на Марсе? 10
Современные данные о физической природе Марса . . 15
«Страх» и «Ужас» — спутники войны 29
Противостояния Марса простые и великие 34
Великое противостояние Марса 10 августа 1971 г. . . 39
Зачем нужно изучение Марса? 44
Рекомендуемая литература 48

Владимир Вячеславович Радзиевский

Великие противостояния Марса

Редактор Р. Базурин. Обложка М. Дорохова. Худож. редактор В. Конюхов. Техн. редактор А. Красавина. Корректор С. Панчулазова.

А 01840. Сдано в набор 27/VI 1971 г. Подписано к печати 26/VII 1971 г. Формат бумаги 60×90/16. Бумага типографская № 3. Бум. л. 1,5. Печ. л. 3. Уч.-изд. л. 2,60. Тираж 12 100. Издательство «Знание». Москва, Центр, Новая пл., д. 3/4. Заказ 1448. Типография Всесоюзного общества «Знание». Москва, Центр, Новая пл., д. 3/4.
Цена 9 коп.

Введение

Таинственная, сверкающая красноватым блеском планета Марс издавна привлекала к себе внимание человечества. Уже древние халдейские жрецы заметили, что условия видимости этой планеты коренным образом изменяются с периодом в 780 суток. Перемещаясь, подобно другим планетам от созвездия к созвездию, как бы блуждая по небу (от греческого слова «планао» — блуждаю, эти светила и получили свое название), Марс периодически оказывался в противоположной Солнцу области звездного неба. Отсюда и термин — «противостояние». В таком положении Марс превосходно наблюдался в полночь как величественное светило необыкновенного блеска. Затем наступала пора вечерней видимости планеты, ее блеск непрерывно уменьшался вплоть до ослабления в 25 раз, и в среднем через 390 суток после противостояния Марс скрывался в лучах вечерней зари, заходя за Солнце («верхнее соединение» — подразумевается соединение с Солнцем).

Последующие более точные наблюдения за блеском планеты убедили древних астрономов в том, что и в период противостояния блеск Марса бывает различным: если при среднем противостоянии блеск планеты соответствует «минус второй звездной величине» ($-2^m,0$), то бывают противостояния, когда он не превышает $-1^m,0$. Зато через каждые 15 (а иногда через 17) лет случаются такие противостояния, при которых блеск Марса достигает $-2^m,6$. А ведь уменьшение звездной величины на одну единицу ($1^m,0$) означает увеличение светового потока, получаемого от светила, в 2,5 раза! Вот такие противостояния и получили название «великих».

Теперь-то мы знаем, что Земля и Марс обращаются вокруг Солнца по приблизительно круговым орбитам разных радиусов: если среднее расстояние Земли от Солнца составляет около 150 млн. *км*, то для Марса оно в полтора раза больше — 228 млн. *км*.

Земля совершает свой оборот вокруг Солнца за год, а

Есть ли жизнь на Марсе?

Ни одна планета не может соперничать с Марсом по количеству посвященных ей научно-фантастических и просто фантастических литературных произведений. Но ни одна из них не привлекала к себе столько внимания и со стороны специалистов-астрономов. Оснований к этому достаточно много.

Во-первых, Марс наряду с Венерой является соседней с Землей планетой. Но при минимальном расстоянии между Землей и Венерой (40 млн. *км*), последняя находится в «нижнем соединении», т. е. теряется в лучах Солнца, не говоря уже о том, что в этой конфигурации Венера обращена к Земле своей темной, неосвещенной Солнцем стороной и практически не наблюдается вовсе. Наилучшая видимость Венеры наступает в период «максимальной элонгации», когда она отстоит от Солнца примерно на 45° к востоку или западу. Однако при такой конфигурации ее удаленность от Земли составляет уже свыше 100 млн. *км*. Но это еще полбеды. Главное в том, что Венера окружена весьма плотной непрозрачной атмосферой, открытой еще М. В. Ломоносовым, через которую совершенно невозможно рассмотреть детали ее поверхности.

Другое дело — Марс. В период наибольшего сближения с Землей в противостоянии или, что то же самое, в оппозиции, он находится в противоположной Солнцу области неба, и весь его диск, полностью освещенный, наблюдается нами в самое благоприятное время суток — ночью. Не служит помехой и разреженная атмосфера Марса, так что живописные детали его поверхности легко можно различать даже в телескопы сравнительно небольшой мощности.

Давно было замечено, что свыше 60% поверхности Марса имеет красноватый оттенок. Эти красноватые области марсианской поверхности получили название «материков». Догадка астрономов XIX века о том, что материки представляют собой песчаные пустыни, содержащие значительный процент гидроокислов железа (бурый железняк), в настоящее время считается достаточно правдоподобной. Именно эти окислы железа и, в частности, лимонит придают планете красноватый цвет (вспомните цвет ржавчины), за что она и получила от древних римлян имя их бога войны Марса. Впрочем, за последнее время наряду с работами, подтверждающими лимонитную теорию (Н. П. Барабашов, Л. А. Акимов, А. Байндер, Д. Крукшенк и другие), появились работы (Т. Мак-Корд, Д. Адамс, В. С. Троицкий и другие), показывающие сходство поверхностного грунта Марса с земными базальтовыми породами.

Около 30% поверхности Марса покрыто темными пятнами, названными «морями» и меняющими свою окраску от зеленоватой весной до желтовато-бурой осенью. Правда, эта сезонная смена окраски морей гораздо отчетливее выступает в воображении астрономов, придерживающихся излишне оптимистических взглядов на возможность жизни на Марсе, чем в глазах «сухарей», смотрящих на все трезвым и беспристрастным взором. Но все же у нас имеются достаточно серьезные основания допускать, что моря Марса — это равнины, покрытые марсианской растительностью, зеленеющей весной и желтеющей осенью.

Кстати, о смене времен года на Марсе. Как известно, сезонность климата обусловлена не изменением расстояния от планеты до Солнца, а наклоном оси ее собственного вращения. Если бы ось планеты была перпендикулярна к плоскости орбиты, то лучи Солнца на данной широте в полдень всегда падали бы под одним и тем же углом к горизонту. Благодаря же поступательному переносу ее наклоненной к орбите оси, условия падения полуденных лучей Солнца изменяются. Само слово климат произошло от греческого слова «клима» — наклон.

Ось суточного вращения Марса составляет с плоскостью его орбиты угол в 66°01′, т. е. почти такой же, как у Земли (66°33′). Поэтому ареографические (Арес, по-гречески, Марс) широты полярных кругов и тропиков практически не отличаются от географических. Очень близко совпадают и периоды осевого вращения: на Марсе сутки лишь на 40 *мин* длиннее земных.

Одними из интереснейших деталей марсианской поверхности являются белые полярные шапки. Диаметр каждой из них увеличивается до нескольких тысяч километров в зимнюю половину года и уменьшается до нескольких сот километров летом. Бывают случаи полного исчезновения полярной шапки в летнем полушарии. Астрономы давно уже не сомневаются в том, что белизна полярных шапок обусловлена выпавшим здесь снегом или инеем в основном углекислотного происхождения. Недавние спектроскопические исследования американского ученого Х. Киффера лишний раз подтвердили эту догадку.

ский (земной) спектр, полосы которого, как правило, много интенсивнее полос марсианской атмосферы. В моменты, когда расстояние между Землей и Марсом увеличивается или уменьшается, полосы спектра последнего смещаются соответственно к красному или фиолетовому концу. Это и позволяет в принципе отделить их от теллурических полос. Однако практически выделить крайне слабые (вследствие разреженности марсианской атмосферы) полосы спектра Марса так же трудно, как трудно уловить фальшивую ноту одной скрипки в тысячеголосом симфоническом оркестре.

В 1947 г. Д. Койпер впервые уверенно установил наличие в спектре Марса полос углекислого газа (CO_2). Углекислый газ — единственный компонент марсианской атмосферы, количество которого имеется столько же, сколько и в атмосфере Земли (по данным Койпера, — в 1,8 раза больше, чем над уровнем моря на Земле). Впоследствии рядом авторов (Спинрад, Т. Оуэн, В. И. Мороз) производилась оценка интенсивности полос CO_2 все более совершенными наземными методами. При этом обнаруживалось непрерывное «уменьшение» атмосферного давления на Марсе, вплоть до значения 8—15 *мб*.

К дальнейшему разочарованию по поводу плотности марсианской атмосферы нас привели уже совсем недавние наблюдения поглощения и преломления радиоволн, проходящих сквозь нее. 15 июля 1965 г. космический аппарат «Маринер-4», пролетев мимо Марса, скрылся за его диском, находясь от Земли на 26 000 *км* дальше самой планеты. Через 54 *мин*, когда разность расстояния достигла уже 39 000 *км*, аппарат снова вышел из-за марсианского диска. В момент захода и выхода аппарата производился прием излучаемых им радиосигналов, проходящих сквозь толщу атмосферы Марса. Анализ поглощения и преломления этих сигналов позволил оценить электронную плотность в атмосфере Марса и распределение ее по высоте, а также сделать оценку атмосферного давления у поверхности планеты, которое оказалось заключенным от 4 *мб* для атмосферы, состоящей на 100% из CO_2, до 7 *мб* для атмосферы, состоящей на 50% из углекислого газа и на 50% из аргона (Ar). Измерения, выполненные космическими аппаратами «Маринер-6» и «Маринер-7», в 1969 г. подтвердили, что давление у поверхности планеты заключено в пределах 4—7 *мб*. При этом появились основания предполагать, что в атмосфере Марса существуют облака, состоящие из твердых частиц CO_2.

Из других компонентов марсианской атмосферы уверенно установлено наличие полос H_2O и CO. В частности, полосы водяного пара удалось уверенно наблюдать в 1969 г. при помощи 208-сантиметрового телескопа обсерватории Мак-Дональд. По данным Оуэна и Масона, общее количество водяных паров в атмосфере Марса соответствует слою воды на

поверхности планеты толщиной в 35 *мкм*. Таким количеством воды можно было бы заполнить только одно Горьковское водохранилище. По данным Р. Шорна, содержание H_2O в атмосфере Марса подвержено сезонным и суточным колебаниям в пределах от 0 до 50 *мкм* осажденной воды (в среднем 25 *мкм*). Для сравнения скажем, что даже зимой над поверхностью земной пустыни содержится 1 *мм* осажденной воды, т. е. в 40 раз больше, чем над поверхностью Марса.

Количественные данные о наличии других газов в атмосфере Марса являются не особенно надежными. В ряде случаев исследователи могли лишь утверждать, что такой-то газ содержится в атмосфере Марса не более чем в таком-то проценте. Это вовсе не означает, что данный газ фактически содержится в атмосфере Марса, а лишь служит указанием на то, что если он и есть, то не более чем в указанном пределе. Иными словами это означает, что разыскиваемый газ в атмосфере Марса вообще не обнаружен, но точность исследования такова, что автор не может гарантировать его отсутствия ниже определенного предела. Именно так обстояло дело с кислородом. Многочисленные спектральные исследования показали, что содержание O_2 в атмосфере Марса не превышает 0,15% от его наличия в воздухе нашей планеты. Однако в верхних слоях марсианской атмосферы безусловно должно быть какое-то количество атомарного кислорода O, возникающего в результате разрушения (диссоциации) молекул CO_2 солнечными лучами.

Лишь в 1968 г. М. Белтон и Д. Хантен заподозрили наличие полос свободного кислорода в асмосфере Марса. Из их исследований вытекало, что его там должно быть в 1000 раз больше, чем можно было ожидать в результате фотодиссоциации CO_2, но в 7000 раз меньше, чем в атмосфере Земли. О том, насколько существенно менялись наши представления о содержании азота (N_2) в марсианской атмосфере, можно судить по следующим фактам.

Согласно одной из последних моделей марсианской атмосферы, предложенной Оуэном и Койпером в 1964 г., процентный (по объему) состав ее компонентов характеризуется следующими данными: N_2 — 85%, CO_2 — 14%, Ar — около 1%, O_2 — 0,02%, H_2O — 0,002%. Уже после пролета космического аппарата «Маринер-4» (1965 г.) выяснилось, что количество азота в атмосфере Марса очень мало. Спектрограммы же, полученные «Маринерами-6 и 7», не показали вовсе наличия полос или линий азота N_2 и N.

Резюмируя, можно сказать, что атмосфера Марса почти целиком состоит из углекислого газа и содержит лишь ничтожные примеси H_2O и CO. Присутствие других газов возможно также лишь в ничтожных размерах. Давление атмосферы составляет около 5—6 *мб*. По-видимому, этот результат

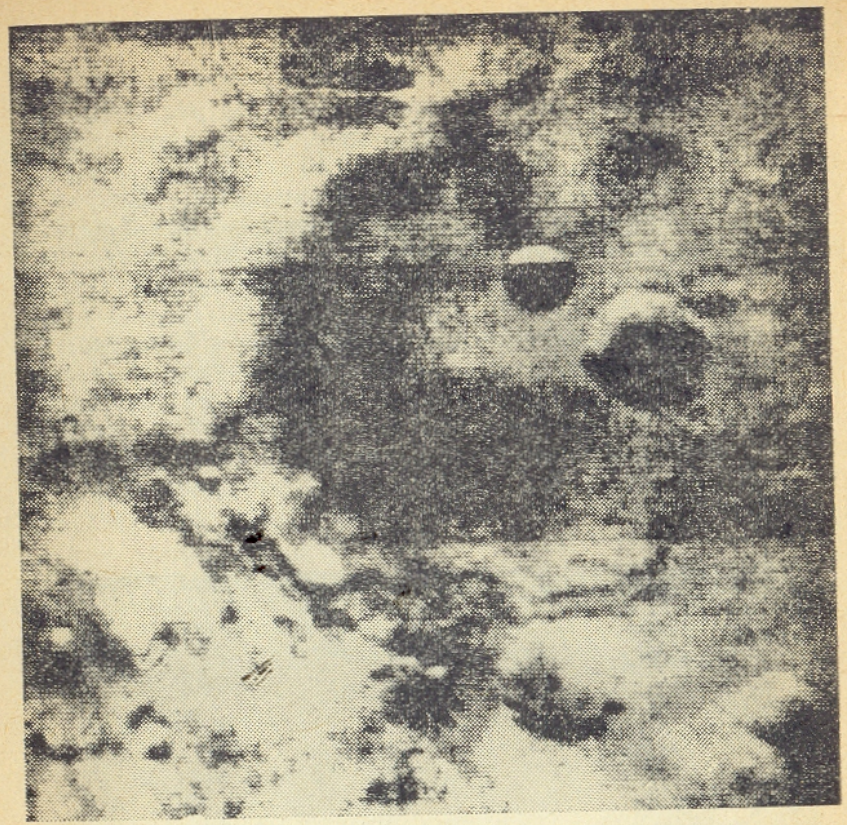


Рис. 3. Снимок поверхности Марса (район Моря Сирен). Размеры кадра 220×220 км.

са Марса и передал на Землю 33 снимка этой области, полученных с расстояния 2—3 тыс. *км*. Всего с трех аппаратов «Маринер» было передано 220 снимков, охвативших значительную часть поверхности планеты.

Анализ этих снимков показал, что марсианский ландшафт имеет много сходства с лунным. Обнаружено большое число кратеров с диаметром от 300 *м* до 800 *км*. Методом экстраполяции было подсчитано, что всего на Марсе должно быть несколько десятков тысяч кратеров. По форме эти кратеры напоминают лунные, но уступают им по глубине и имеют контуры, смягченные атмосферной эрозией. Кратеров с центральными горками значительно меньше, чем на Луне. Перепад высот на Марсе (12 *км*) практически такой же, как на Луне, хотя последняя уступает Марсу по массе почти в 10 раз. В сравнении с Луной на Марсе мало небольших кратеров. Советский ученый В. А. Бронштэн считает, что они полностью стерты эрозией.

Судя по снимкам «Маринеров», на Марсе имеются трещины, валы и лучи, но никогда не было ни морей, ни рек. Относительно природы «каналов» появилось основание считать, что это цепочки кратеров или их остатков.

Большая дискуссия разгорелась вокруг вопроса о природе и составе полярных шапок Марса. «Космические аппараты «Маринер» разворошили осиное гнездо ученых» — так была названа одна из статей, помещенная в журнале «New Scientist» и посвященная изложению наиболее неожиданных результатов, полученных «Маринерами-6 и 7». По мнению Р. Лейтона, полярные шапки состоят из CO_2 (толщина слоя 1 *м*). Однако, судя по измерениям инфракрасного излучения, выполненного бортовым спектрометром «Маринера-7», температура шапок слишком высока для конденсации CO_2. Для снятия этого противоречия было высказано предположение, что шапки состоят из тонкого слоя водяного льда и облаков твердой CO_2 над ними. С другой стороны, теоретические расчеты В. С. Троицкого, В. И. Алешина и О. Б. Шуко позволяют сохранить углекислую модель шапок. Недавно выполненное Киффером сравнение отражательной способности инея H_2O и CO_2 с шапками Марса показало, что последние могут состоять как из замерзшей воды, так и из углекислого газа. Дискуссия продолжается, но пальма победы начинает склоняться в пользу сторонников углекислой модели шапок.

В мае 1971 г. в США запущен КА «Маринер-9», который должен достигнуть Марса в ноябре 1971 г. и стать его спутником. В программу работы этого КА будет включен выбор площадки для намечаемой на 1975 г. посадки КА на поверхность Марса, а также изучение магнитного поля этой планеты, которого пока обнаружить не удалось.

Но главная, разумеется, задача ближайших исследований Марса — окончательное решение вопроса о наличии или отсутствии там органической материи, хотя бы в виде простейшей морозоустойчивой растительности. О наличии на Марсе высокоразвитой жизни сейчас уже никто из астрономов серьезно не думает. Одного отсутствия кислорода в атмосфере планеты вполне достаточно, чтобы этот вопрос был решен отрицательно.

Отсутствие кислорода является определенным симптомом и против существования на Марсе растительной жизни, одна из форм деятельности которой состоит в фотосинтезе, сопровождающемся разложением воды и выделением кислорода. Правда, этот симптом может быть следствием маломощности растительного производства O_2 на Марсе. Так что для окончательного исключения возможности существования растительной жизни на этой планете бесспорных оснований мы не име-

мельчайших, взвешенных в атмосфере частиц, сильно рассеивающих свет и создающих ложное представление о плотности атмосферы; радиолокационные наблюдения для изучения физических характеристик, топографических контуров поверхности Марса и его общей формы и др.

Возникает вопрос, какой вклад могли бы внести в наблюдения великого противостояния Марса многочисленные любители астрономии, а также специалисты, располагающие лишь инструментами небольшой мощности? К последним прежде всего относятся весьма распространенные в нашей стране учебные телескопы с диаметром объектива 10—15 *см*, имеющиеся во многих школах и высших учебных заведениях.

Конечно, в наше время роль любительских и полулюбительских наблюдений на фоне гигантского роста технических возможностей профессиональных учреждений астрономической службы несколько снижается. Но все же за такими наблюдениями остается одно важное преимущество — их массовость. Если мощные телескопы научных учреждений при неблагоприятной погоде вынуждены будут прерывать свою работу, то многочисленные телескопы любителей всегда найдут «окошко» в небе в том или ином уголке нашей необъятной страны. Усилиями этих энтузиастов астрономии Марс может оказаться практически под непрерывным надзором. А это очень важно, чтобы не пропустить какого-либо нестационарного быстро проходящего явления, типа достаточно мощного вулканического извержения, которое в любой момент может произойти на Марсе. Поэтому мы считаем целесообразным дать несколько советов для всех тех, кто, располагая лишь скромными средствами, пожелал бы принять участие в наблюдениях великого противостояния Марса.

Наблюдения рекомендуется проводить в период с начала мая до конца ноября. В начале этого периода Марс будет наблюдаться в западной части созвездия Козерога во второй половине ночи, кульминируя почти на такой же высоте, как и в момент оппозиции. В конце ноября он уже окажется в созвездии Водолея и будет иметь склонение —7°, что соответствует вечерней кульминации на довольно значительной высоте над горизонтом (в Москве +27°). В период с июля по октябрь включительно целесообразно организовать непрерывное наблюдение за планетой в меру наличия ее ночной видимости.

Научную ценность смогут представить наблюдения, проводимые на телескопах диаметром не менее 12 *см*, с использованием 100-кратного и более увеличения. Не следует думать, что целесообразно применять максимальное увеличение, на которое способен данный телескоп. Наилучшая четкость видимых деталей Марса, наблюдаемых без помех от дрожания установки и атмосферы, является критерием для выбираемого эмпирическим путем оптимального увеличения.

Любителям астрономии наиболее доступны зарисовки планеты, которые следует выполнять с большой тщательностью, не пропуская ни одной детали поверхности планеты. Яркость деталей следует оценивать глазомерным путем по десятибалльной арифметической шкале, согласно которой за 0 принимается яркость фона неба, а за 9 — самого яркого участка диска Марса. Весьма желательно, чтобы зарисовки производились цветными карандашами с достаточно большим набором красок. Значительную ценность представляют зарисовки, выполняемые с различными светофильтрами от фиолетового до красного цвета. Оценка яркости деталей на таких зарисовках поможет уточнить их цвет и выявить отражательные свойства марсианской поверхности. Зарисовки наиболее интересных деталей следует дополнять их словесным описанием.

Чрезвычайно важно фиксировать с точностью до минуты время появления и исчезновения каких-либо новых образований или возникающих помутнений атмосферы. И вообще время работы над каждой зарисовкой должно быть указано.

Владеющим навыком фотографирования следует проводить фотографические наблюдения планеты с использованием окулярного увеличения. Фотографирование Марса на небольших инструментах непосредственно в фокусе объектива практически бесполезно, так как получаемое при этом изображение имеет диаметр порядка 0,1 *мм*.

Некоторые школьные телескопы снабжены специальной фотографической приставкой. При отсутствии же таковой можно изготовить легкую фотокамеру небольшого размера (например 5×5 *см*), закрепляемую на окулярной части телескопа с тем, чтобы перемещением окуляра можно было добиваться четкого изображения планеты на матовом экране, заменяемом при фотографировании кассетой. Можно приспособить и фотокамеру от любого любительского фотоаппарата.

Продолжительность экспозиции, зависящую от множества условий, лучше всего подбирать эмпирическим путем, начиная от долей секунды и более.

Чем меньше будет экспозиция, тем больше шансов на получение четкого изображения. Поэтому рекомендуется применять высокочувствительные материалы с последующей их обработкой в полной темноте. При наличии возможности фотометрической обработки снимков Марса необходимо впечатать в негативы фотометрическую шкалу. Для этой цели можно использовать простейший трубчатый фотометр с точно измеренными отверстиями трубок.

Все результаты любительских наблюдений великого противостояния Марса просьба направлять в астрономическую секцию Всесоюзного астрономо-геодезического общества (ВАГО) по адресу: Москва, К-9, аб. ящ. 918, Центральный Совет ВАГО, Астрономическая секция.

Всем известно, что перед началом регулярных межпланетных полетов будет создан больших размеров (несколько сот метров в диаметре) стационарный искусственный спутник Земли, на который пассажиры будут доставляться небольшими «пригородными» ракетами или космическими «такси» и с которого уже будут стартовать комфортабельные межпланетные лайнеры.

Аналогичную «пристань» для кораблей дальнего следования нужно было бы создать и около Марса, хотя сделать это гораздо труднее, чем построить крупный ИСЗ. К счастью, природа взяла на себя решение такой сложной проблемы, предоставив к нашим услугам готовые марсианские пристани в виде Деймоса и Фобоса. Но возникает вопрос, не найдем ли мы, прилетев на Фобос, не только готовую естественную пристань, но и хорошо оборудованные помещения с номерами, душами и ресторанами, не говоря уже о заправочных колонках и ремонтных мастерских?

Читатель (да простит он нам эту шутку), конечно, догадывается, что мы намекаем на гипотезу об искусственном происхождении спутников Марса.

Основанием для этой гипотезы послужило открытое в 1945 г. американским астрономом Б. Шарплессом ускорение в движении Фобоса. Ускорение спутника означает, хотя на первый взгляд это кажется несколько парадоксальным, что на него действует тормозящая сила, например, сопротивление воздуха.

Известный советский астрофизик И. С. Шкловский показал, что сопротивление весьма разреженной марсианской атмосферы на расстоянии 6000 *км* от Марса, где происходит движение Фобоса, могло бы вызывать столь заметное действие на спутник только в том случае, если бы он был необыкновенно легким, ну скажем, полым. Если же 18-километровый Фобос представляет собою полое тело с толщиной стенок всего лишь в несколько сантиметров или даже метров, то уж конечно он является рукотворным сооружением. При построении гипотезы не была оценена роль других естественных факторов, которые могли бы оказывать такое же влияние на движение Фобоса, как сопротивление атмосферы. Один из них был детально исследован автором этих строк совместно с В. П. Виноградовой. Им оказалось световое давление солнечных лучей. Было показано, что, если Фобос имеет несферическую форму (что и оказалось) и если он, подобно Луне, обращен к Марсу все время одной стороной (что весьма правдоподобно), то световое давление вполне может быть ответственным за наблюдаемые особенности его движения.

Кроме того, как показал известный советский ученый Н. Н. Парийский, существенное влияние на движение Деймоса может оказывать вызываемая им приливная волна в коре и мантии самого Марса, если жесткость его коры меньше, чем у Земли.

Гипотеза Н. Н. Парийского наглядно иллюстрирует приведенное выше утверждение о том, что анализ особенностей движения спутников планеты может пролить свет на ее внутреннее строение.

Впрочем, дискуссия об искусственном происхождении Фобоса потеряла свою актуальность после того, как недавние исследования С. Н. Вашковьяк показали ошибочность вывода Шарплесса относительно ускорения этого спутника.

широт Марс будет находиться над горизонтом в дни, близкие к оппозиции, около 7 *ч*.

Утешаться можно лишь тем, что августовская ночь тоже не очень длинна (в Москве 8 *ч* 30 *мин*); поэтому, за вычетом вечерних и утренних сумерек, Марс будет доступен наблюдению практически всю ночь.

Внешний вид планеты в период, примыкающий к оппозиции, станет довольно внушительным и величественным. Красноватый диск Марса, угловой поперечник которого достигнет 25″, будет разрешаться (т. е. казаться не точкой, а протяженным диском) даже при наблюдении в театральный бинокль.

По своему блеску он выдвинется на второе (после Венеры) место среди планет Солнечной системы. Хотя в средней оппозиции Марс в 1,5 раза слабее Юпитера, в августе 1971 г. он будет в 2,2 раза ярче этой планеты и в 2,5 раза ярче самой яркой звезды неба — Сириуса. Его блеск к 10 августа 1971 г. достигнет — $2^m,6$.

После оппозиции, совершая попятное движение (рис. 7), Марс будет продолжать опускаться под экватор, и только в середине сентября его склонение начнет возрастать, достигнув к началу ноября значения —15°. В этот период Марс будет довольно удобным объектом для вечерних наблюдений, но преимущества великого противостояния уже останутся позади: к началу ноября Земля отойдет от Марса примерно на 100 млн. *км* и будет продолжать удаляться от него.

На рис. 7 показан видимый путь Марса среди звезд в мае—декабре 1971 г. Этот путь имеет форму петлеобразной траектории. Большую часть времени Марс движется с запада на восток (на рисунке справа налево). Но 13 июля он останавливается и начинает так называемое попятное движение

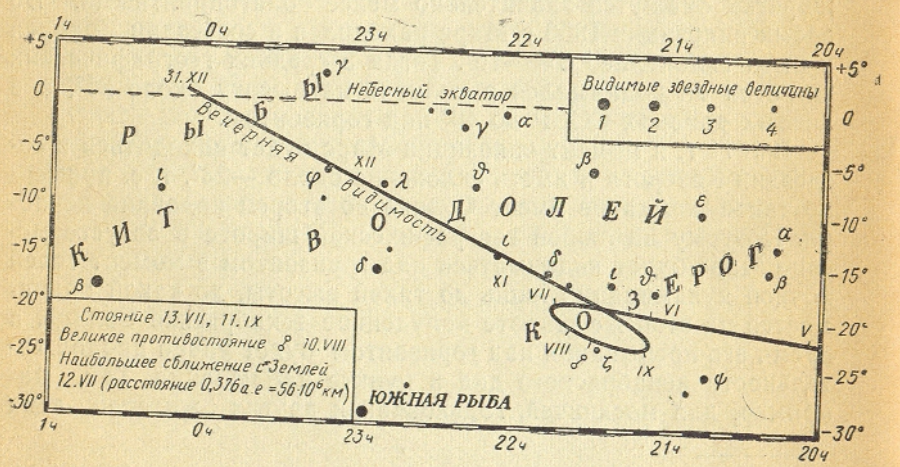


Рис. 7. Видимый путь Марса на небе в мае—декабре 1971 г.

вплоть до 11 сентября, после чего возобновляет движение в прямом направлении.

Петлеобразное движение Марса и других планет Солнечной системы, замеченное еще древними халдейскими жрецами, но получившее правильное объяснение лишь на основе гелиоцентрической системы мира, разработанной Коперником, является результатом сложения движений Земли и планеты. Пояснить причину попятного движения можно при помощи рисунка, который настолько прост, что воспроизводить его в нашей брошюре вряд ли целесообразно. Поэтому мы попросим читателя начертить горизонтальную прямую и обозначить на ней точку — Солнце. На 4 *см* вправо от Солнца поместить Землю и на 6 *см* влево от него — Марс. Такое расположение планет будет соответствовать верхнему соединению Марса. Кстати, последний раз оно имело место 2 августа 1970 г.

Считая, что плоскость чертежа совпадает с плоскостью орбит обеих планет, проведите от Земли вверх стрелку длиной 3 *см;* это вектор скорости Земли (30 *км/сек*). От Марса проведите вниз вектор его скорости — стрелку длиной 2,5 *см*. Из чертежа видно, что, если Землю считать покоящейся, то и Солнце и Марс будут двигаться по отношению к ней вниз, а при наблюдении с Земли — справа налево, т. е. с запада на восток, причем относительная скорость Солнца составит 30 *км/сек,* а Марса — 55 *км/сек*. Теперь изобразите Землю между Солнцем и Марсом (противостояние) и снабдите ее стрелкой вниз. В таком положении Земля будет обгонять Марс. По отношению к Земле Марс будет двигаться вверх (т. е. с востока на запад), правда, с очень небольшой скоростью — 5 *км/сек*. Это и есть его попятное движение. Если бы плоскости орбит обеих планет совпадали, то все видимое движение Марса, включая и попятное, происходило бы по дуге одного и того же большого круга. Несовпадение же плоскостей орбит превращает это колебательное движение в петлеобразное перемещение планеты по небесной сфере.

Великое противостояние Марса 10 августа 1971 г. — одно из важнейших событий текущего года в жизни астрономов всего мира. Все они начали подготовку к наблюдению этого явления еще задолго до его наступления.

В нашей стране программа изучения Марса в период его великого противостояния включает спектральные наблюдения для уточнения химического состава атмосферы, атмосферного давления и измерения интенсивности полос CO_2 в различных участках марсианского диска; спектрофотометрические наблюдения для изучения распределения энергии в спектре отдельных деталей Марса; фотографирование со светофильтрами для определения фотометрических характеристик деталей марсианской поверхности и для измерения прозрачности марсианской атмосферы; исследование содержания аэрозолей —

ем, несмотря на господствующие там необыкновенно суровые климатические условия.

В этой связи уместно будет напомнить об обнадеживающих результатах известного советского ученого Г. А. Тихова, который обнаружил, что коэффициент отражения инфракрасных (тепловых) лучей хлорофиллом растений зависит от места их жительства. Земные южные растения, получающие от Солнца слишком много тепла, отражают большую долю инфракрасных лучей. Они уподабливаются человеку, который, живя близ экватора, носит белую одежду. Северные растения, напротив, поглощают гораздо большую долю солнечного тепла, компенсируя этим для себя недостаток его общего количества. Исследование отражательной способности зеленоватых областей Марса, выполненное Г. А. Тиховым, показало, что здесь коэффициент отражения тепловых лучей в два раза ниже, чем у тундрового можжевельника. Таким образом, зеленоватые пятна Марса, получая от Солнца в два раза меньше тепла из-за удаленности и поглощая в два раза больше, чем земные растения, в конечном счете имеют почти столько же солнечного тепла как и наша земная флора. Если эти зеленоватые пятна — марсианская растительность, то надо прямо сказать, что она довольно хорошо приспособилась в суровой борьбе за существование к острому дефициту тепловой инсоляции.

Астробиологические исследования Г. А. Тихова, как это часто бывает в науке, совершенно неожиданно привели к результатам, имеющим практическое народнохозяйственное значение: измеряя коэффициент отражения инфракрасных лучей различными овощами и злаками, можно предвидеть пригодность этих растений для переселения их в более северные широты.

Заканчивая рассмотрение вопроса о жизни на Марсе, невозможно удержаться от того, чтобы не вспомнить, как поразительно приспосабливалась религиозная идеология к изменению научных представлений по этому вопросу.

В принципе церковь против множественности населенных миров. Идея антропоцентризма служит одним из краеугольных камней христианской религии. Человек — венец творения господа бога, созданный им по своему образу и подобию, говорится в священном писании. Для искупления грехов человека бог-отец пожертвовал своим сыном Христом, миссия которого потеряла бы всякий смысл, если бы подобные нам «грешники» населяли бесчисленное множество планет бесконечной Вселенной. Поэтому церковь на протяжении многих столетий подвергала жестоким гонениям противников антропоцентризма и даже сожгла заживо на костре основоположника концепции множественности населенных миров — Д. Бруно.

Но вот успехи в изучении планеты Марс привели ученых XX века к выводу, что на этой планете нет никаких материальных условий для возникновения и развития высокоорганизованной жизни. Твердо оставаясь на позициях множественности населенных миров во Вселенной вообще, ученые заявили, что на Марсе, в частности, разумной жизни нет и быть не может. И тогда некоторые церковники, изменив свою позицию на 180°, стали говорить: «Господь всемогущ и там, где нет материальных условий для возникновения жизни, там он мог ее сотворить». Зная, что есть еще немало «верующих» в разумную жизнь на Марсе и что среди популяризаторов еще встречаются беспринципные люди, готовые поступиться научной добросовестностью ради дешевой сенсации, церковники легко отказываются от одного из собственных принципов в поисках «попутчиков», в надежде на пополнение редеющего стада своей верующей «паствы».

Благодаря отчетливой видимости деталей поверхности Марса удалось по наблюдению их перемещения чрезвычайно точно определить период его суточного вращения — (24 *ч* 37 *мин* 22,7 *сек*) и положение оси вращения, проходящей через северный и южный полюс планеты. Как уже говорилось, ось суточного вращения Марса составляет с плоскостью его орбиты угол 66°01′. Если эту ось продолжить в направлении северного полюса до пересечения с небесной сферой, то она пройдет вблизи слабенькой звездочки GC 29608 созвездия Лебедя, которая для землян имеет звездную величину $5^m,7$, а для марсианских наблюдателей, благодаря отсутствию ослабляющего действия атмосферы, примерно $5^m,0$. Эта звездочка и является «Полярной» звездой Марса. Она находится на расстоянии 35° от нашей Полярной звезды.

По вопросу о внутреннем строении Марса у нас имеются лишь чисто теоретические гипотезы, основанные на измерениях формы планеты и, в частности, сравнении ее сплюснутости с угловой скоростью вращения.

По последним данным, полученным замерами фотоснимков диска планеты, а также радиолокационными методами, экваториальный диаметр Марса (6806 *км*) на 36 *км* больше полярного (6770 *км*). У Земли эта разность составляет 43 *км*. Следовательно, сплюснутость Марса, равная отношению разности диаметров к большему из них и составляющая 1/200, превосходит сплюснутость Земли (1/298) в 1,5 раза. Между тем, отношение центробежной силы на экваторе к силе тяжести у Марса почти такое же, как у Земли. Из сопоставления этих фактов можно заключить, что повышенная сплюснутость Марса связана главным образом с особенностями его внутреннего строения, с меньшей концентрацией вещества в центральном ядре планеты. Согласно опубликованной в 1969 г. гипотезе А. Байндера, железное ядро Марса имеет радиус лишь

Зачем нужно изучение Марса?

Один из основоположников диалектического материализма Ф. Энгельс, 150-летие со дня рождения которого отметило в 1970 г. все прогрессивное человечество, еще в прошлом веке с присущей ему гениальной прозорливостью предсказывал бурное нарастание темпов развития науки и техники, свидетелями которого должны стать будущие поколения. Энгельс утверждал, что наука развивается пропорционально квадрату времени своего существования. Поясняя эту мысль несколько упрощенным примером, можно сказать, что в развитии науки и техники человечество достигло за последнее десятилетие таких же успехов, как за предыдущее столетие, а последние, в свою очередь, сравнимы с достижениями предшествующих 10 000 лет.

В настоящее время объем научной информации, которым располагает человечество, удваивается через каждое десятилетие. И нет ничего удивительного. Темпы развития науки и техники настолько сейчас высоки, что каждый новый год приносит нам потрясающие открытия и изобретения, и никакой даже самой пылкой фантазии было бы недостаточно для описания уровня жизни грядущих поколений.

Одна из причин трудности прогнозирования научно-технических достижений человечества связана с нашей склонностью к конкретному мышлению, о которой мы уже говорили в начале брошюры. Народная мудрость выражает ту же самую мысль словами известной поговорки: «Каждый мерит своим аршином».

Оценивая темпы развития науки и техники сегодняшним «аршином» и отмеряя им сумму достижений на интересующий нас момент в будущем, мы забываем о том, что сам эталон быстро укорачивается и поэтому невольно приуменьшаем объем ожидающих нас достижений, либо отодвигаем их сроки. Этот психологический фактор пока лишь субъективно учитывается отдельными учеными, а между тем пора бы уж сделать проблемы прогнозирования предметом специальной

науки, ну, скажем, «перспективологии», которая исходила бы не только из «аршина» сегодняшнего дня, но и учитывала скорость и ускорение всех порядков, с которыми изменяется этот «аршин».

Недавно группа видных американских ученых попыталась составить прогнозы на 2001 год. Результаты их размышлений изложены в книге «Космическая эра» (есть русский перевод). В этом сборнике многократно повторяется мысль Энгельса (к сожалению, без ссылки на него) об ускоренном нарастании темпов развития науки и техники. А в предисловии к книге авторы простодушно признаются, что все, предсказанное ими на ближайшие 35 лет, по всей вероятности, произойдет через 20 лет.

Поразительные прогнозы, содержащиеся в цитируемой книге, еще недавно показались бы нам незаслуживающей внимания фантазией. А уж сегодня мы склонны думать, что ее авторы проявили излишний скепсис в предсказании сроков освоения отдельных космических объектов. Впрочем не будем их строго судить. Видимо, «кустарное» прогнозирование даже на 35 лет является уже сейчас непосильной для человека задачей. В этом откровенно признается один из авторов сборника Э. Уэлш. Вот что он пишет: «Честно говоря, я мало что могу сказать о будущем после 1980 г., главным образом потому, что любое предсказание устареет задолго до наступления намеченного срока. Если вы хотите преобразовать предсказание на ближайшие 15 лет в предсказание на 35 лет, то просто умножьте предсказанное на десять и прибавьте к результату все, на что способно ваше воображение».

Среди наиболее интересных идей, высказанных в сборнике «Космическая эра», нам хочется отметить весьма прогрессивную мысль К. Эрике о том, что развитие космонавтики и неизбежно связанное с ним сотрудничество русских и американцев послужит одним из средств смягчения международной напряженности, а перевод космических кораблей на термоядерное горючее, который должен произойти к 1990 г. и привести к снижению стоимости космических перевозок до нескольких долларов за килограмм, послужит стоком для огромных запасов накопленного атомного сырья. Таким образом, «ружье, висящее на стене», может и не выстрелить.

Бурный рост темпов развития науки и техники выдвигает перед человечеством множество новых проблем, которые все чаще и чаще становятся предметом обсуждения на страницах мировой печати.

Перечислим лишь некоторые из них:

1. Исчерпаемость естественных энергетических ресурсов.

При современном объеме промышленного производства человечество ежегодно расходует столько каменного угля, нефти, торфа и т. п., сколько природа накапливала их за...

Противостояния Марса простые и великие

В начале XVII века на основании многолетних скрупулезных наблюдений за перемещением планет по небесной сфере И. Кеплер впервые установил, что все они движутся по эллипсам, в одном из фокусов которых находится Солнце. А в конце того же столетия И. Ньютон открыл закон всемирного тяготения и дал общее решение задачи двух тел, из которого следует, что любые два тела, подверженные только действию взаимного тяготения, движутся относительно друг друга по эллипсу, параболе или гиперболе, так, что, если построить траекторию одного из них, то другое окажется в ее фокусе. Обычно принято говорить о траектории менее массивного тела, а другое, более массивное, считать покоящимся в фокусе этой траектории.

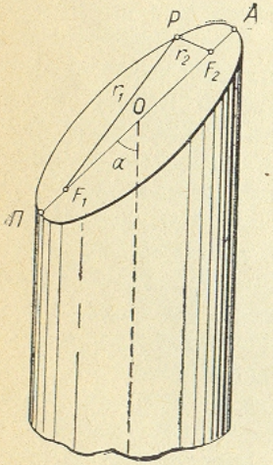


Рис. 4. Сечение цилиндра плоскостью образует эллипс.

С математической точки зрения любая из упомянутых кривых является линией пересечения плоскости с прямым круглым конусом, и потому все они называются «коническими сечениями».

На рис. 4 показана линия пересечения цилиндра с плоскостью, проведенной под углом α к его оси. Поскольку цилиндр есть частный случай конуса, полученная кривая обязана быть эллипсом. Наибольший диаметр эллипса $ПА$ называется его большой осью, а отрезок $ПО = OA = a$ — большой полуосью.

Нанесем на большой оси эллипса две точки F_1 и F_2 на одинаковых расстояниях от его центра О, равных $OF_1 = OF_2 = a\cos\alpha$. Эти точки и будут служить фокусами эллипса, обладающими следующим замечательным

свойством: сумма расстояния от любой точки эллипса P до его фокусов F_1 и F_2 есть величина постоянная, равная большой оси эллипса: $r_1 + r_2 = 2a$. Это свойство принято называть основным свойством эллипса. Его часто используют для определения самого понятия эллипса.

Отношение отрезков $OF_1/ОП = OF_2/OA = \cos\alpha = e$ называют эксцентриситетом эллипса. При перпендикулярном сечении цилиндра ($\alpha = 90°$) эксцентриситет равен нулю, а само сечение имеет форму окружности. Но фокусы эллипса обладают и другими интересными свойствами. Так, например, если бы сам эллипс, а точнее образованный им эллипсоид вращения, имел зеркальную внутреннюю поверхность, то все лучи источника света, помещенного в одном из его фокусов, отразившись от поверхности эллипсоида, пересеклись бы в другом фокусе.

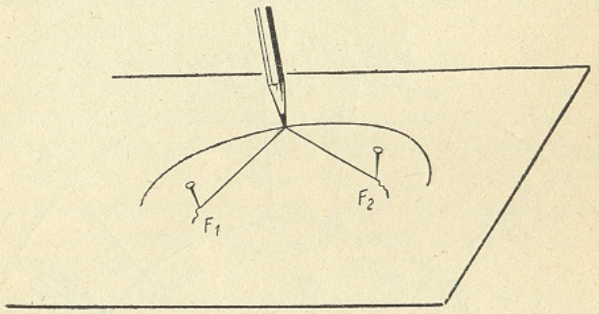


Рис. 5. Простейший способ вычерчивания эллипса.

Основное свойство эллипса можно использовать для его построения. Возьмем нитку с двумя петлями на концах, воткнем в кусок картона две булавки, пропущенные через петли, натянем нитку острием карандаша и, скользя им вдоль нитки, нарисуем кривую (рис. 5). Это и будет эллипс. Точки, проколотые булавками — фокусы эллипса, а длина нитки — его большая ось. Ведь, как нетрудно сообразить, сумма расстояния от булавок до каждой точки эллипса равна длине нитки.

Для построения орбит Земли и Марса надо провести две прямые под углом 233° (таков угол между осями орбит этих планет) или, что то же самое, под углом 53°.

Точку пересечения этих прямых выберем в качестве их общего фокуса F_1, занятого Солнцем. Вторые фокусы каждой из орбит остаются «пустыми». Если строить чертеж в масштабе 1 *см* = 10 млн. *км*, то ось земной орбиты будет иметь 30 *см*, а марсианской 55,6 *см*. Пустой фокус F_2 земной орбиты (точка закрепления второй булавки) должен отстоять от Солнца

800—900 *км* (у Земли 3400 *км*). Над ядром простирается мантия приблизительно земного состава с двумя скачками плотности и, наконец, наружная кора толщиной 20 *км* и средней плотности 2,8 *г/см*^{3}.

Для дальнейшего уточнения наших представлений о внутреннем строении Марса необходимы еще более точные данные о фигуре этой планеты, а так же подробные сведения о всех тонкостях движения его спутников.

«Страх» и «Ужас» — спутники войны

Выше мы уже говорили о том, что за свой кроваво-красный цвет Марс был назван в глубокой древности именем бога войны. Не приходится удивляться, что, когда в 1877 г. А. Холлом были открыты два крошечных спутника Марса, астрономы нарекли их греческими именами Фобос (Страх) и Деймос (Ужас).

Открытию таких спутников, настолько слабеньких, что их едва можно различить в самый мощный телескоп, и настолько похожих друг на друга, что их вполне можно было бы назвать братьями-близнецами, предшествовала поразительная предыстория, события которой разыгрались за два с половиной столетия до того, как эти малютки впервые наблюдались Холлом.

В средние века, когда не существовало ни патентов, ни комитетов по делам открытий и изобретений, проблема приоритета решалась учеными довольно забавным способом.

Сделав какое-либо открытие, ученый торопился опубликовать анаграмму, возвещающую в зашифрованном виде об открытии. Ключ к шифру хранился в редакции издательства или в каком-либо научном учреждении. После этого ученый мог спокойно, не торопясь, проверить правильность подозреваемого открытия и, окончательно убедившись в том, что он не ошибается, сообщить о нем в расшифрованной публикации. Таким путем ученый оберегал свой авторитет от риска, связанного с чрезмерно скоропалительным сообщением об открытии, которое могло оказаться ошибочным. В то же время, если в период доработки выявлялся другой претендент на это открытие, расшифровывались анаграммы и приоритет присуждался автору более ранней из них по времени публикации.

Анаграмма представляла собой небольшую фразу, содержащую краткую суть открытия, буквы которой переставлялись согласно придуманному автором шифру.

миллион лет. Не за горами тот день, когда все естественные энергетические ресурсы будут исчерпаны. Нас отделяет от него, по различным оценкам, от 200 до 300 лет. Наиболее перспективным выходом из положения является непосредственное использование солнечной энергии. Но этот выход связан с ограничением плотности населения, которая к тому же должна будет уменьшаться по мере увеличения потребления энергии на одного человека. Следовательно, необходимы поиски иного выхода, и он состоит в освоении других планет. В какой форме будет осуществлено такое освоение — покажет будущее, но так или иначе без межпланетных полетов не обойтись. Поэтому нужно уже сейчас изучать ближайшие к нам планеты всеми доступными нам средствами.

2. Производство вредных (химических, радиоактивных и др.) отбросов промышленности. Спуск их в океан может привести к гибели его флоры и фауны. А между тем, в океане мы видим одно из средств для решения назревающей проблемы, связанной с кормовой базой нашей планеты. Для сохранения пищевых ресурсов океана возможны лишь два выхода: либо отправка вредных отбросов в далекий космос, либо перенесение в космос части вредного промышленного производства. Оба этих выхода опять-таки связаны с межпланетными полетами.

3. Демографический взрыв. Рост народонаселения обусловлен не только увеличением рождаемости и относительным уменьшением смертности, связанным с успехами в развитии медицины. В настоящее время биологи стоят на пороге изумительных открытий в области трансплантации и аллопластики стареющих или пораженных органов человека. Достижения в этой области приведут к почти неограниченным возможностям в смысле продления долголетия. И что тогда?

Еще недавно статистика утверждала, что население Земли удваивается за каждые 40 лет. По последним прогнозам оно утроится через 30 лет. При таких темпах роста населения, уже через 500—800 лет нашим потомкам негде будет присесть. Где же выход из положения?

Напомним, что еще 160 лет назад английский священник и преподаватель истории одного из колледжей Т. Мальтус писал: «Вместо того, чтобы проповедовать среди бедняков необходимость соблюдения чистоты, мы должны поощрять как раз обратные привычки. Надо делать в городах более узкие улицы, перенаселять дома и способствовать повторению эпидемий чумы». На таких же позициях стоят и современные «неомальтузианцы». «Если люди размножаются как кролики, то не должны ли они и умирать как кролики?» — говорил уже совсем недавно президент Британской ассоциации развития науки профессор А. Хилл. Некоторые человеконенавистники видят выход из положения в атомных войнах и других

варварских средствах истребления народов, населяющих нашу планету.

Естественно, что народы всего мира, и прежде всего советские люди, не могут не испытывать отвращения к подобным «рецептам» неомальтузианцев. Советские ученые видят решение и этой проблемы в освоении внеземных территорий, т. е. небесных тел.

Поскольку необходимость в этом станет достаточно острой лишь в конце XXI века, в настоящее время (за 100 лет) совершенно невозможно предвидеть, в какое конкретное конструктивное решение воплотится данная идея.

Будем ли мы сооружать из материала Луны, Марса или астероидов гигантскую полую сферу вокруг Солнца в соответствии с предложением американского ученого Ф. Дайсона, или построим гигантскую динамически устойчивую «раковину» по проекту советского ученого Г. И. Покровского — это покажет будущее. Может быть, мы пойдем по пути расселения человечества небольшими колониями в духе идей К. Э. Циолковского или, что вернее всего, придумаем к тому времени такой вариант, который пока еще просто не приходит нам в голову.

Но одно уже сейчас совершенно ясно: решение всех этих грандиозных задач должно начинаться с освоения наших ближайших космических соседей и прежде всего Луны, Марса, Венеры, а затем и кольца астероидов, по отношению к которому Марс является пограничным форпостом группы земных планет. Именно на Марсе должна быть организована служба «малых планет», имеющая целью обеспечение безопасности космических кораблей, проникающих в область кольца астероидов и за ее пределы в направлении планет-гигантов.

Предстоящее великое противостояние Марса поможет нам в познании этой планеты, на просторах которой в недалеком будущем предстоит развертываться будничной трудовой деятельности мужественных посланцев Земли, направленной на решение гигантских проблем, волнующих уже сейчас человечество и имеющих огромное практическое значение для жизни наших потомков.

на 0,5 *см*, поскольку эксцентриситет земной орбиты составляет $e=0{,}017$ и $F_1F_2=2ea=5$ млн. *км*. Эксцентриситет орбиты Марса значительно больше: $e=0{,}093$. Поэтому для него $F_1F_2=42$ млн. *км*, и пустой фокус должен быть взят на расстоянии 4,2 *см* от Солнца.

Построенные таким образом орбиты Земли и Марса изображены на рис. 6. Лежащее в плоскости земной орбиты направление на точку весеннего равноденствия указывается для привязки ко времени: через прямую $F_1\Upsilon$ Земля проходит 23 сентября каждого года. Из этого расчета орбита Земли разбита на 12 отрезков с указанием месяцев, в течение которых наша планета проходит данный участок своей орбиты. Через $П_з$ и $П_м$ обозначены перигелии, а через $А_з$ и $А_м$ — афелии орбит Земли и Марса соответственно.

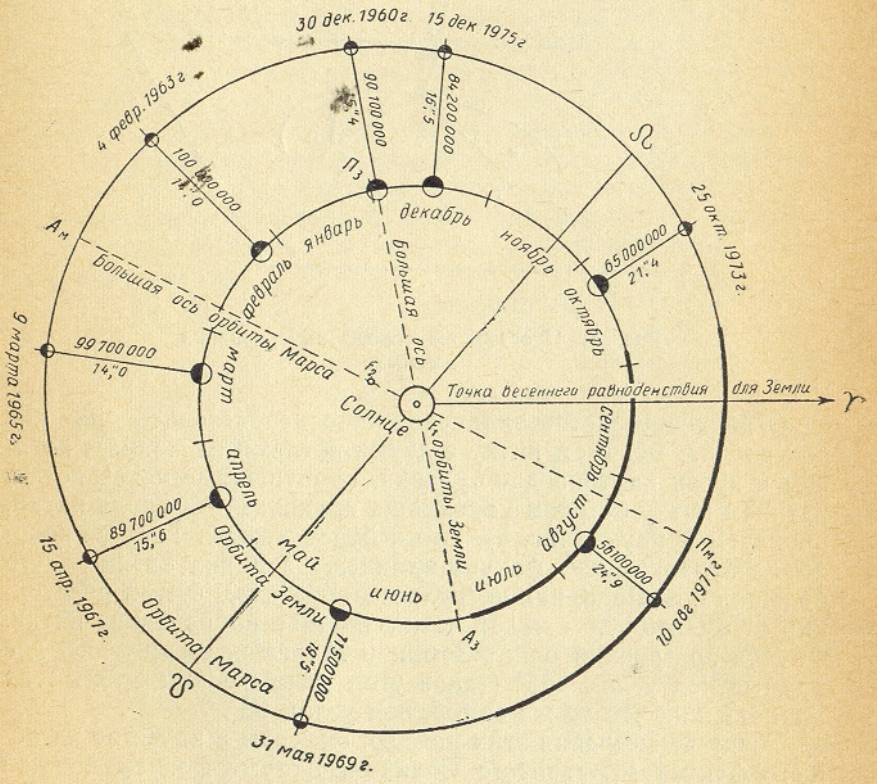


Рис. 6. Схема орбит Земли и Марса. Жирной линией изображены участки орбит, на которых возможны великие противостояния. Указаны положения Земли и Марса во время противостояний 1960—1975 гг.

Уже из рис. 6 видно, что орбиты Земли и Марса не будут концентричными. Расстояние между ними не одинаково. А кратчайшее расстояние (немногим менее 56 млн. *км*) соответствует той точке орбиты Земли, через которую она проходит около 20 августа каждого года. Все точки земной траектории, которые Земля проходит с 5 июля по 5 октября (этот участок орбиты изображен на рис. 6 жирной линией) удалены от противостоящих точек орбиты Марса (участок, тоже обозначенный жирной линией), не более чем на 60 млн. *км*. Поэтому, любое противостояние Марса, происходящее в период с 5 июля по 5 октября, является, согласно определению, великим, а противостояние 20 августа можно было бы назвать «величайшим».

Так как каждый из 92 дней интервала, благоприятного для великих противостояний Марса, имеет одинаковые шансы стать датой такового и поскольку период повторения благоприятных конфигураций составляет 15—17 лет, нетрудно сообразить, что «величайшее» противостояние Марса можно наблюдать в среднем один раз в полторы тысячи лет.

Противостояние, происходящее на других участках орбит Земли и Марса (на рис. 6 эти участки изображены тонкой линией), является простым, а противостояние, которое произошло бы в середине февраля, было бы наименее благоприятным. Расстояние между планетами превышало бы в этом случае 100 млн. *км*.

На рис. 6 указаны даты противостояний Марса в период с 1960 по 1975 г., а также соответствующие им расстояния между планетами и угловые поперечники марсианского диска, наблюдаемого с Земли.

Из сказанного выше может создаться впечатление, что моменты противостояний являются одновременно и моментами наибольшего сближения Земли и планеты по крайней мере в течение отрезков времени, непосредственно прилегающих к данной конфигурации. При круговых орбитах Земли и планеты так оно и было бы. В действительности же дело обстоит несколько сложнее. Если великое противостояние происходит до того момента, когда удаление Земли от орбиты Марса становится минимальной, т. е. до 20 августа, то после оппозиции на расстояние между планетами влияют два противоположно действующих фактора. Из-за расхождения по углу расстояние между планетами увеличивается. Но зато они обе движутся к точкам наибольшего сближения орбит. Второй фактор первое время превалирует, и расстояние между планетами достигает минимума через несколько часов или даже сутки после оппозиции. Если же великое противостояние случается после 20 августа, то по аналогичным причинам расстояние между планетами становится минимальным несколько раньше момента оппозиции.

является сравнительно надежным и дальнейшего снижения давления марсианской атмосферы можно не опасаться. Осторожности ради и с учетом всех методов, большинство авторов оценивает сейчас давление атмосферы у поверхности планеты, как заключенное в пределах 5—15 *мб*.

Для сравнения скажем, что давление порядка 5 *мб* в земных условиях имеет место на высоте около 35 *км*, где гаснут метеоры и используются аэродинамические свойства воздуха для торможения космических кораблей. Таким образом, атмосфера Марса достаточно плотна, чтобы, находясь на этой планете, можно было любоваться метеорными дождями и чтобы, подлетая к ней, можно было использовать все преимущества атмосферного торможения, кроме последней его стадии — мягкой парашютной посадки и спуска с аэродинамическим качеством.

Воды в атмосфере Марса всего 5 $км^3$. Такое ее количество человечество выпивает примерно за 2 месяца. Открытых водоемов на Марсе нет и быть не может. Этот вопрос был детально исследован известным советским ученым — академиком В. Г. Фесенковым, а также А. И. Лебединским и получил отрицательное решение. Но в середине прошлого десятилетия появилась гипотеза советского астронома В. Д. Давыдова, согласно которой на Марсе существуют полноводные моря, скрытые верхним слоем его грунта примерно километровой толщины. Гипотеза Давыдова была подвергнута серьезной критике и сейчас мало кем поддерживается.

Перейдем теперь к уточнению приведенного выше описания деталей марсианской поверхности.

На рис. 1 изображена карта Марса, составленная американскими астрономами, с учетом наблюдений, выполненных космическими аппаратами «Маринер-4, 6 и 7». Наименование этих деталей и их феноменологическая характеристика, с точки зрения наземных оптических наблюдений не претерпели за последние десятилетия особенно существенных изменений. И то, и другое содержится в многочисленных монографиях и популярных брошюрах, изданных ранее. Поэтому, мы не станем задерживаться на их чисто внешнем описании, а остановимся на тех новых фактах, которые принесло нам развитие радиолокационной астрономии и исследования космическими аппаратами (КА).

Радиолокационные измерения позволили настолько детально «прощупать» профиль Марса, что появилась возможность составить рельефные карты его поверхности. Методами локации было установлено наличие огромных впадин и плоскогорий с перепадом высот до 10—15 *км*. В то же время, следует подчеркнуть, что измерения на волне 3,8 *см* не показали наличия связи между яркостью участков поверхности и их высотой. Это обстоятельство не говорит в пользу возможно-

сти однозначного объяснения темных и светлых пятен или линий как возвышенностей или низменностей.

Особенно сенсационные сведения были получены в результате пролетов американских «Маринеров». На рис. 2 показана совокупность районов Марса, общей площадью около миллиона $км^2$, отснятых «Маринером-4» 15 июля 1965 г. с расстояния 12—17 тыс. *км* от поверхности планеты. На рис. 3 приводится один из кадров, указанный стрелкой на предыдущем рисунке, в увеличенном масштабе. В этот кадр попал участок Моря Сирен (Mare Sirenum) площадью около 50 000 $км^2$.

31 июля 1969 г. космическим аппаратом «Маринером-6» было получено 74 снимка, в том числе 24 снимка экваториальной области Марса при пролете над ней на расстоянии всего 3400 *км*. Еще через 5 дней КА «Маринер-7», отклонившись от запрограммированной траектории, по-видимому, в результате столкновения с метеоритом, пробившим один из резервуаров высокого давления, попал в район южного полю-

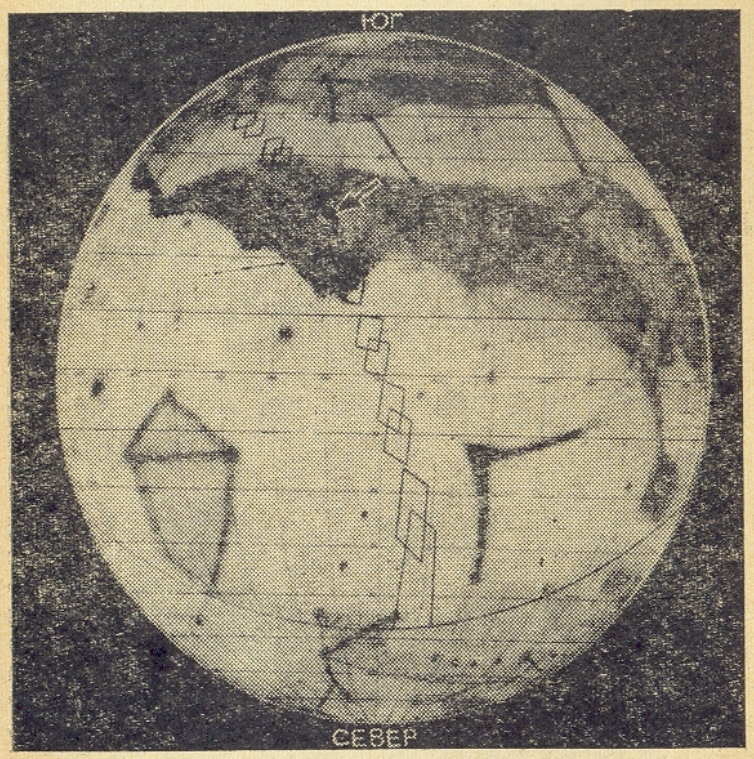


Рис. 2. Расположение участков, заснятых «Маринером-4» на поверхности Марса (по порядку снизу вверх). Север внизу.

мельчайших, взвешенных в атмосфере частиц, сильно рассеивающих свет и создающих ложное представление о плотности атмосферы; радиолокационные наблюдения для изучения физических характеристик, топографических контуров поверхности Марса и его общей формы и др.

Возникает вопрос, какой вклад могли бы внести в наблюдения великого противостояния Марса многочисленные любители астрономии, а также специалисты, располагающие лишь инструментами небольшой мощности? К последним прежде всего относятся весьма распространенные в нашей стране учебные телескопы с диаметром объектива 10—15 *см*, имеющиеся во многих школах и высших учебных заведениях.

Конечно, в наше время роль любительских и полулюбительских наблюдений на фоне гигантского роста технических возможностей профессиональных учреждений астрономической службы несколько снижается. Но все же за такими наблюдениями остается одно важное преимущество — их массовость. Если мощные телескопы научных учреждений при неблагоприятной погоде вынуждены будут прерывать свою работу, то многочисленные телескопы любителей всегда найдут «окошко» в небо в том или ином уголке нашей необъятной страны. Усилиями этих энтузиастов астрономии Марс может оказаться практически под непрерывным надзором. А это очень важно, чтобы не пропустить какого-либо нестационарного быстро проходящего явления, типа достаточно мощного вулканического извержения, которое в любой момент может произойти на Марсе. Поэтому мы считаем целесообразным дать несколько советов для всех тех, кто, располагая лишь скромными средствами, пожелал бы принять участие в наблюдениях великого противостояния Марса.

Наблюдения рекомендуется проводить в период с начала мая до конца ноября. В начале этого периода Марс будет наблюдаться в западной части созвездия Козерога во второй половине ночи, кульминируя почти на такой же высоте, как и в момент оппозиции. В конце ноября он уже окажется в созвездии Водолея и будет иметь склонение —7°, что соответствует вечерней кульминации на довольно значительной высоте над горизонтом (в Москве +27°). В период с июля по октябрь включительно целесообразно организовать непрерывное наблюдение за планетой в меру наличия ее ночной видимости.

Научную ценность смогут представить наблюдения, проводимые на телескопах диаметром не менее 12 *см*, с использованием 100-кратного и более увеличения. Не следует думать, что целесообразно применять максимальное увеличение, на которое способен данный телескоп. Наилучшая четкость видимых деталей Марса, наблюдаемых без помех от дрожания установки и атмосферы, является критерием для выбираемого эмпирическим путем оптимального увеличения.

Любителям астрономии наиболее доступны зарисовки планеты, которые следует выполнять с большой тщательностью, не пропуская ни одной детали поверхности планеты. Яркость деталей следует оценивать глазомерным путем по десятибалльной арифметической шкале, согласно которой за 0 принимается яркость фона неба, а за 9 — самого яркого участка диска Марса. Весьма желательно, чтобы зарисовки производились цветными карандашами с достаточно большим набором красок. Значительную ценность представляют зарисовки, выполняемые с различными светофильтрами от фиолетового до красного цвета. Оценка яркости деталей на таких зарисовках поможет уточнить их цвет и выявить отражательные свойства марсианской поверхности. Зарисовки наиболее интересных деталей следует дополнять их словесным описанием.

Чрезвычайно важно фиксировать с точностью до минуты время появления и исчезновения каких-либо новых образований или возникающих помутнений атмосферы. И вообще время работы над каждой зарисовкой должно быть указано.

Владеющим навыком фотографирования следует проводить фотографические наблюдения планеты с использованием окулярного увеличения. Фотографирование Марса на небольших инструментах непосредственно в фокусе объектива практически бесполезно, так как получаемое при этом изображение имеет диаметр порядка 0,1 *мм*.

Некоторые школьные телескопы снабжены специальной фотографической приставкой. При отсутствии же таковой можно изготовить легкую фотокамеру небольшого размера (например 5×5 *см*), закрепляемую на окулярной части телескопа с тем, чтобы перемещением окуляра можно было добиваться четкого изображения планеты на матовом экране, заменяемом при фотографировании кассетой. Можно приспособить и фотокамеру от любого любительского фотоаппарата.

Продолжительность экспозиции, зависящую от множества условий, лучше всего подбирать эмпирическим путем, начиная от долей секунды и более.

Чем меньше будет экспозиция, тем больше шансов на получение четкого изображения. Поэтому рекомендуется применять высокочувствительные материалы с последующей их обработкой в полной темноте. При наличии возможности фотометрической обработки снимков Марса необходимо впечатать в негативы фотометрическую шкалу. Для этой цели можно использовать простейший трубчатый фотометр с точно измеренными отверстиями трубок.

Все результаты любительских наблюдений великого противостояния Марса просьба направлять в астрономическую секцию Всесоюзного астрономо-геодезического общества (ВАГО) по адресу: Москва, К-9, аб. ящ. 918, Центральный Совет ВАГО, Астрономическая секция.

В начале XVII века знаменитый итальянский астроном Г. Галилей, прославившийся изобретением телескопа и рядом сделанных с его помощью замечательных астрономических открытий, опубликовал несколько анаграмм. Так, например, об открытии фаз Венеры он сообщил набором букв, из которых можно составить фразу: «Мать любви подражает видам Цинтии (Луны)».

Галилей же впервые наблюдал кольца Сатурна в период, предшествующий прекращению их видимости на несколько лет. В этой фазе они имеют вид двух небольших придатков к планете, и Галилей возвестил о своем открытии анаграммой: «Высочайшую планету тройною наблюдал», переставив в ней буквы самым старательным образом.

Современником Галилея был другой знаменитый ученый И. Кеплер, отличавшийся необыкновенным трудолюбием и огромной любознательностью. Трудно сказать, сколько бессонных ночей он потратил на расшифровку анаграммы Галилея, но в конце концов Кеплер составил из опубликованных букв вполне осмысленную фразу, но говорящую о совершенно другом открытии, сделанном фактически лишь в 1877 г.

Вот как выглядела анаграмма Галилея, «расшифрованная» Кеплером: «Привет вам, близнецы, Марса порождение!» (пусть читатель не пытается проверить сказанного: ведь обе фразы были написаны по-латыни).

Так сочетание огромной научной интуиции Кеплера и просто изумительного совпадения привело к «открытию» спутников Марса почти за 300 лет до того, как это имело место в действительности. В настоящее время мы имеем весьма точные данные о размерах орбит и периодах обращения спутников Марса. Траектории обоих спутников мало отличаются от окружностей. Ближний к Марсу спутник — Фобос — обращается по орбите радиусом 9,4 тыс. *км*, иными словами, на расстоянии 6 тыс. *км* от поверхности Марса. Период его обращения составляет 7 *ч* 39 *мин*, т. е. в 3 с лишним раза короче периода осевого вращения самой планеты. И Марс вокруг своей оси, и оба его спутника по орбитам движутся в одном и том же направлении — с запада на восток. Вращение Марса вызывает кажущееся вращение неба во встречном направлении. Так же, как и на Земле, на Марсе все светила восходят на востоке и заходят на западе. Исключение составляет лишь Фобос. Он движется с запада на восток быстрее Марса и в результате восходит на западе и заходит на востоке. И то и другое случается там 2—3 раза в сутки. Фобианский месяц же длится 7*ч* 40 *мин*. Через такой промежуток повторяется «полнофобие», во время которого этот спутник кажется с Марса в 15 раз слабее, чем нам Луна. Его видимый диаметр в 2,5 раза меньше видимого с Земли диаметра Луны.

Радиус орбиты Деймоса составляет 23,5 тыс. *км*, а период его обращения вокруг Марса — 30 *ч* 18 *мин*. Таким образом этот спутник ведет себя нормально: восходит на востоке и заходит на западе. Для воображаемых марсиан Деймос в 30 раз слабее Фобоса и в 450 раз слабее Луны для землян, но все же в 5 раз ярче Венеры в период ее наилучшей видимости с Земли.

Плоскости орбит обоих спутников составляют довольно значительный угол с орбитой Марса (около 25°). Однако, несмотря на это, благодаря близости Фобоса, его затмения тенью Марса и затмения им Солнца происходит через каждые 7 *ч* 40 *мин*. Только на непродолжительный период два раза в году эти затмения прекращаются, когда линия пересечения плоскостей орбит спутника и планеты составляет прямой угол с направлением на Солнце. Затмения же, обусловленные Деймосом, — явления довольно редкие и мало эффектные.

Следует оговориться, что полных солнечных затмений на Марсе не бывает. При максимальной фазе затмения Солнца Фобосом он перекрывает лишь 65% диаметра солнечного диска.

Приведенные нами расчеты сделаны из предположения, что диаметры Фобоса и Деймоса составляют соответственно 18 и 8 *км*. Однако указанные оценки не являются достаточно надежными. Они получены не путем непосредственного измерения дисков спутников, угловые диаметры которых имеют порядок сотых долей секунды, а вычислены по их видимому блеску. Точные размеры Деймоса и Фобоса мы узнáем в ближайшие годы, но не подлежит сомнению, что и тот и другой настолько малы, что они не сумели даже приобрести сферической формы, и причудливые очертания этих глыб делают их мало похожими на нашу красавицу Луну [1].

Точное определение периодов обращения спутников Марса и размеров их орбит позволило не менее точно вычислить массу самого Марса по формуле Кеплера-Ньютона, согласно которой отношение куба большой полуоси орбиты спутника к квадрату периода его обращения вокруг центрального тела пропорционально массе последнего.

До недавнего времени астрономы полагали, что этим и исчерпывается значение спутников Марса. Однако с развитием космонавтики акции Деймоса и Фобоса значительно возросли.

---

[1] Вскоре после того, как были написаны эти строки, пришло сообщение о том, что американский астроном Б. Смит исследовал размеры и форму Фобоса, обнаруженного на фоне Марса в одном из кадров, снятых «Маринером-7». Оказалось, что этот спутник имеет форму картофелины, вытянутой в плоскости своей орбиты (чего и следовало ожидать) размером 22×18 *км*.

Рекомендуемая литература

Н. Н. Сытинская. Великое противостояние Марса. М., Гостехиздат, 1956.

В. Г. Фесенков. Жизнь во Вселенной. М., «Знание», 1964.

В. А. Бронштэн. Беседы о космосе и гипотезах. М., «Наука», 1968.

Новое о Марсе и Венере. Сб. статей под ред. В. И. Мороза. М., «Мир», 1968.

В. И. Мороз. Физика планет. М., «Наука», 1967.

Д. Я. Мартынов. Планеты. Решенные и нерешенные проблемы. М., «Наука», 1970.

В. И. Левантовский. Механика космического полета в элементарном изложении. М., «Наука», 1970.

Космическая эра. Прогнозы на 2001 год, под ред. В. С. Емельянова. М., «Мир», 1970.

М. М. Дагаев, В. В. Радзиевский. Великое противостояние Марса. — В кн.: Астрономический календарь на 1971 г. М., «Наука», 1970.

К. А. Любарский. Марс. — В сб.: Итоги науки. Астрономия. 1969, вып. 6. М., 1970.

При описании геометрической картины противостояния до сих пор мы отвлекались от не вполне точного совпадения плоскостей орбит Земли и Марса. Как известно, эти две плоскости наклонены друг к другу под углом 1°51′. Линия их пересечения, так называемая линия узлов, обозначена на рис. 6 символами $\Upsilon \Omega$.

Через линию узлов орбиты Марса Земля проходит два раза в год: 9 мая и 12 ноября. Только в эти дни может случиться идеальное противостояние, при котором центры всех трех тел — Солнца, Земли и Марса — действительно окажутся на одной прямой.

В заключение раздела нам хотелось бы рассеять распространившееся среди неспециалистов мнение о том, что моменты великих противостояний Марса якобы наиболее благоприятны для старта направляющихся к нему космических кораблей.

Перелет на Марс с минимальной затратой энергии может быть осуществлен по так называемой полуэллиптической, или гоманновской, траектории, предложенной еще в 1925 г. немецким ученым В. Гоманном. Гоманновская траектория представляет собою полуэллипс, касающийся в своем перигелии земной орбиты, а в афелии орбиты планеты (или наоборот, для внутренних планет). Полет по гоманновской орбите происходит без затраты энергии (последняя расходуется только при старте и спуске), под влиянием солнечной гравитации, по законам Кеплера. Гоманновская орбита для перелета к Марсу должна иметь большую полуось 1,26 а. е., которой соответствует период обращения 1,4 года. Для прохождения по полуэллипсу от Земли до орбиты Марса космическому кораблю потребовалось бы 0,7 года.

Таким образом, если бы корабль был запущен в день великого противостояния, то он пришел бы к орбите Марса, описав вокруг Солнца угол в 180°, через 8,5 месяца после запуска. А сам Марс подошел бы к этой точке лишь через 11 месяцев (половина марсианского года) после противостояния. Корабль не встретился бы с Марсом.

Итак, великие противостояния Марса интересны его близостью к Земле не с точки зрения космических перелетов на Марс, а с точки зрения оптических и радиолокационных наблюдений планеты.

Великое противостояние Марса 10 августа 1971 г.

Предшествующее великое противостояние Марса произошло 10 сентября 1956 г., т. е. после 20 августа. Поэтому наибольшее сближение Земли и Марса имело место до оппозиции, а именно 6 сентября, когда расстояние между планетами составляло 56,5 млн. *км*.

Ожидаемое в этом году великое противостояние Марса произойдет 10 августа, когда Марс будет удален от Земли на 56,25 млн. *км*. К 12 августа расстояние между планетами уменьшится еще на 50 000 *км*, а затем уже начнет возрастать. Таким образом, очередное противостояние Марса будет мало отличаться от «величайшего», приходящегося теоретически на 20 августа. По близости планеты к Земле оно будет чуть-чуть более выгодным, чем предшествующее великое противостояние. Но условия его наблюдения особенно в северных широтах окажутся значительно менее благоприятными. Во время оппозиции 1956 г. Марс находился в созвездии Водолея и имел склонение [1] $\delta = -10°$. Тогда в средних географических широтах он поднимался в полночь на высоту около 25°, а в южных районах СССР до 40° над горизонтом.

В 1971 г. в момент оппозиции Марс будет находиться в созвездии Козерога и иметь склонение около —23°, т. е. примерно такое же, какое имеет Солнце во второй половине декабря. Поэтому на любой географической широте в августе месяце Марс будет подниматься над горизонтом в момент своей ночной кульминации лишь до такой высоты, до какой поднимается на этой же широте полуденное декабрьское Солнце, а время его пребывания над горизонтом будет равно продолжительности декабрьского дня в пункте наблюдения. Так, например, для москвичей, горьковчан и других жителей этих

[1] Склонение светила — его угловое расстояние от небесного экватора.